

PCT

世界知的所有権機関  
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類6 H01J 61/44	A1	(11) 国際公開番号 WO97/11480  (43) 国際公開日 1997年3月27日(27.03.97)
(21) 国際出願番号 PCT/JP96/02618  (22) 国際出願日 1996年9月13日(13.09.96)  (30) 優先権データ 特願平7/242863 1995年9月21日(21.09.95) JP  (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)[JP/JP] 〒571 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP)  (72) 発明者: および  (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 清水正則(SHIMIZU, Masanori)[JP/JP] 〒610-03 京都府綴喜郡田辺町草内鐘鉦割42-1-738 Kyoto, (JP) 山中泰彦(YAMANAKA, Yasuhiko)[JP/JP] 〒573 大阪府枚方市茄子作1丁目9番5-203号 Osaka, (JP) 坂本正悦(SAKAMOTO, Syouetsu)[JP/JP] 〒573 大阪府枚方市香里ヶ丘12-24-20 Osaka, (JP) 武内徹二(TAKEUCHI, Tetsuji)[JP/JP] 〒610-03 京都府綴喜郡田辺町宮津西浦1番地 Kyoto, (JP)		(74) 代理人 弁理士 松田正道(MATSUDA, Masamichi) 〒532 大阪府大阪市淀川区宮原5丁目1番3号 新大阪生島ビル Osaka, (JP)  (81) 指定国 CA, CN, JP, KR, SG, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  添付公開書類 国際調査報告書 請求の範囲の補正の期限前であり、補正書受領の際には再公開される。
(54) Title: LIGHT SOURCE  (54) 発明の名称 光源  (57) Abstract A light source for categorical color perception having such a feature that the light source mainly emits light having two peaks of intensity at 530-580 nm and 600-650 nm and a correlated color temperature of 1,700-6,500 K, and then, a DUV (distance from perfect radiator locus on UV-coordinates) of 0-70. The surface color of an object illuminated with the light is categorically differentiated, namely, red, green, blue, yellow and white are perceived.  <div data-bbox="922 1239 1421 1759" data-label="Figure"> <p>a: the range of chromaticity of the light from the light source of this invention</p> </div>		

BEST AVAILABLE COPY

(57) 要約

主たる発光波長の範囲を530~580[nm]および 600~650[nm]に含み、ランプ光色の相関色温度(correlated colour temperature)が1700~6500[K]、DUV(distance from perfect radiator locus on UV co-ordinates)が0~70であることを特徴とし、少なくとも、被照明物の表面色の赤, 緑, 青, 黄, 白の色彩のカテゴリカルな識別が可能である、カテゴリカル色知覚(categorical colour perception)用光源。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AL	アルバニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RU	ロシア連邦
AM	アルメニア	ES	スペイン	LS	レソト	SD	スーダン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SE	スウェーデン
AU	オーストラリア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SG	シンガポール
AZ	アゼルバイジャン	GB	イギリス	LV	ラトヴィア	SK	スロバキア
BB	バ베이ラ	GE	グルジア	MC	モナコ	SN	セネガル
BF	ブルキナファソ	GH	ガーナ	MD	モルドバ	SZ	スワジランド
BG	ブルガリア	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TD	チャド
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MK	マケドニア	TC	タークス
BR	ブラジル	RU	ロシア	VI	ヴァティカン	TM	トルクメニスタン
BY	ベラルーシ	UA	ウクライナ	ML	マリ	TR	トルコ
CA	カナダ	IE	アイルランド	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリア	MR	モロッコ	UG	ウガンダ
CG	コンゴ	JP	日本	MW	マラウイ	US	米国
CH	スイス	KE	ケニア	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CI	コート・ジボワール	KR	韓国	NE	ニジェール	VN	ベトナム
CM	カメルーン	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CN	中国	KZ	カザフスタン	NO	ノルウェー		
CZ	チェコ共和国	KG	キルギスタン	NZ	ニュージーランド		
DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	PL	ポーランド		
DK	デンマーク	LK	スリランカ	PT	ポルトガル		
				RO	ルーマニア		

## 明 細 書

### 光源

### 技術分野

本発明は、最低限度の色再現を確保しつつ、高効率な照明を行うための光源に関するものである。

### 背景技術

一般に高効率な光源としては、低圧ナトリウムランプが知られている。これは一般に使用される人工光源の中で最も発光効率が高く、ランプ電力が55Wのランプで総合効率109lm/Wに達するものである。しかし、低圧ナトリウムランプからの発光のほとんどは、D線と呼ばれる589[nm]の輝線、すなわち橙黄色の単色光であり色彩の区別が不可能である。

一方、可視波長帯域の光を、赤(R)、緑(G)、青(B)に集中させることで高効率かつ、色彩を良好に再現する光源として、3波長域発光形蛍光ランプが開発されている。

また、可視波長帯域の光を2つの波長帯域に集中した2波長域発光形の発光スペクトルとすることで、3波長域発光形の発光スペクトルを持つ光源よりも発光効率を高めながら、ある程度の演色性を有する光源の可能性について、過去にシミュレーションが行なわれてきた。

従来の2波長域発光形の光源の最適化シミュレーション検討に関しては、文献「イルミネイティング エンジニアリング」(H. D. Einhorn and F. D. Einhorn, In

herent Efficiency and Colour Rendering of White Light Sources., Illuminating Engineering, P154, March 1967. ) や、「ジャーナル オブ ザ オプティカル ソサイアティ オブ アメリカ」( H.F. Ivey, Color and Efficiency of Fluorescent and Fluorescent-Mercury Lamps., Journal of the Optical Society of America, Vol. 62, No. 6, P814, 1972) などがある。

これらは、蛍光体の分光分布をガウシアン分布で近似し、かつ、従来の平均演色評価数(GENERAL COLOUR RENDERING INDEX)  $R_a$ 、つまり、基準光源で照明された色票の色の見えと、ある光源下で照明された色票の色の見えとが、どれだけ色ズレ(COLOUR SHIFT)を起こすかを色差(COLOUR DIFFERENCE)で評価する演色性の考え方で2波長の最適化の数値シミュレーションを行なったものである。

これらの結果、シミュレーション上は、2波長域発光形光源の最適化に関して、450[nm]近傍の青色スペクトルと、580[nm]近傍の黄色スペクトルの混光によるものが、最高効率を示す白色光源と考えられてきた。(なお、旧来は、効率と $R_a$ のシミュレーション観点から黄と青の2波長域発光形光源が望ましいと考えられてきたが、今回、新たに視覚の反対色応答のシステムの観点から、上記黄と青の2波長域発光形光源をY-B系2波長域発光形光源と再定義し、これと、逆の反対色応答のシステムをもとにしたR-G系2波長域発光形光源を新たに定義する。)

しかし、実際の実用蛍光体の効率を見ても、黄、青に対応した発光ピーク波長を持つ蛍光体には効率の高い蛍光体が無いこと、さらに、蛍光体の分光分布をガウシアン分布で近似し、全ての波長範囲での量子効率を一定と仮定したものではシミュレーション上はY-B系2波長域発光形光源の理論上の効率は高くなっても、実際の蛍光体や光源の発光では量子効率が一定でなかったり、副発光波長が

存在したりすることがあり、実際上の最高効率シミュレーションの通りには得にくいことなどから、このようなY-B系2波長域発光形光源は、今のところ実用に供されてはいない。

低圧ナトリウムランプのごとく可視波長帯域の光を1波長に集中させれば最も発光効率を高めることができる。ただしこの場合、発光スペクトルが単スペクトルのため、その照明下では色彩の識別は不可能である。従って低圧ナトリウムランプのように非常に効率が高くとも演色性が悪いランプは、道路照明やトンネル照明等の主に効率が重視される場に利用されている。

色彩は人間に対し、視環境から様々な情報を提供する役割を担っているが、道路、トンネルを走行する運転者が得る視覚情報の中でも色彩の果たす役割は大きい。例えば、トンネル内の路面と白色、黄色の路面標示の色の識別が車線変更の可否の情報として非常に重要である。ところが、低圧ナトリウムランプで照明された道路、トンネルでは、道路上の白色と黄色の路面標示の色の識別は困難であった。

また、特に交通標識に使用される色彩には、赤・黄・緑・青・白・黒があげられるが、低圧ナトリウムランプで照明された道路、トンネルでは、これら標識の色彩の識別が困難であった（このため、トンネル内で使用される交通標識には内照式のものが使用されている）。

表面の赤色が赤と知覚されることが重要である。なぜなら、特に赤色は危険、禁止、停止、防火などの重要な意味づけにコーディングされるもので、安全の観点からの視環境の改善には重要なポイントであった。

このような場面に前記Y-B系2波長域発光形光源を導入しようとする、600[nm]以上の波長のスペクトルの欠落から、危険の表示に使用される重要な色

彩である赤色の識別性が低下してしまうという課題がある。

本発明は、上記従来の問題点を解決するもので、高い効率を確保しながら、道路照明またはトンネル照明に使用した場合には、黄色と白色の路面標示の識別と、標識の色彩（特に赤色）を識別可能とする、また、その他の適用に際しても、高い効率を確保しながら、最低限の色識別を可能とする実用的な光源を提供することを目的とする。

つまり要するに、本発明は、従来照明光源の開発においては、主に平均演色評価数(Ra)で表現されるような色彩の忠実再現を主目的に演色性の改良が行なわれているのに対し、最低限度の色彩のカテゴリカルな認識を確保しながら高効率を追究する光源を実現しようとするものである。

#### 発明の開示

上記目的を達成するために本発明の光源は以下の手段を有する。

第1の本発明は、主たる発光波長の範囲を530～580[nm]および、600～650[nm]に含み、ランプ光色の相関色温度(correlated colour temperature)が1700～6500[K]、DUV(distance from perfect radiator locus on UV co-ordinates)が0～70であることを特徴とし、少なくとも、被照明物の表面色の赤、緑、青、黄、白の色彩のカテゴリカルな識別が可能である、カテゴリカル色知覚(categorical colour perception)用光源であることを特徴とする光源である。

第2の本発明は、主たる発光波長の範囲を530～580[nm]および、600～650[nm]に含み、ランプ光色の相関色温度が1700～6500[K]、DUV

が0～70であることを特徴とし、少なくとも、被照明物の表面色の赤、緑、青、黄、白の色彩のカテゴリカルな識別が可能である、カテゴリカル色知覚用蛍光ランプであることを特徴とする光源である。

第5の本発明は、ランプの光色が、 $xy$ 色度座標上で  $(x, y) = a : (0.228, 0.351)$ ,  $b : (0.358, 0.551)$ ,  $c : (0.525, 0.440)$   $d : (0.453, 0.440)$ ,  $e : (0.285, 0.332)$  の範囲に囲まれた中にあり、主たる発光波長の範囲を530～580[nm]、および、600～650[nm]に有した照明光源であることを特徴とする光源である。

第6の本発明は、ランプの光色が、 $xy$ 色度座標上で  $(x, y) = a : (0.228, 0.351)$ ,  $b : (0.358, 0.551)$ ,  $c : (0.525, 0.453)$ ,  $d : (0.285, 0.332)$  の範囲に囲まれた中にあり、蛍光体の主たる発光波長の範囲を530～580[nm]、および、600～650[nm]に有した照明用蛍光ランプであることを特徴とする光源である。

第7の本発明は、主たる発光波長の範囲を530～580[nm]および、600～650[nm]に含み、ランプ光色の相関色温度が3500～4500[K]、DUVが10～45である照明用光源であることを特徴とする光源である。

第8の本発明は、蛍光体の主たる発光波長の範囲を530～580[nm]および、600～650[nm]に含み、ランプ光色の相関色温度が3500～4500[K]、DUVが10～45である照明用蛍光ランプであることを特徴とする光源である。

#### 図面の簡単な説明

図1は $xy$ 色度座標上での本発明の光源の色度範囲

図2はCIEの信号色光の範囲

図3は発光色の色名

図4は本発明の第1の実施例の蛍光ランプの分光分布

図5はLAPとYOXの光束比が100:0の蛍光ランプの分光分布

図6はLAPとYOXの光束比が93:7の蛍光ランプの分光分布

図7はLAPとYOXの光束比が85:15の蛍光ランプの分光分布

図8はLAPとYOXの光束比が76:24の蛍光ランプの分光分布

図9はLAPとYOXの光束比が68:32の蛍光ランプの分光分布

図10はLAPとYOXの光束比が43:57の蛍光ランプの分光分布

図11はLAPとYOXの光束比が0:100の蛍光ランプの分光分布

図12はカテゴリカルカラーレンダリングでの“良い”と“許容できる”という評価の累積頻度

図13はカテゴリカルカラーレンダリングでの“良い”という評価の累積頻度

図14はカテゴリカルカラーレンダリングでの“悪い”という評価の累積頻度

図15は黒の色票がカテゴリカルカラーレンダリングで“悪い”という評価を得た累積頻度

図16はLAPとYOXの光束比を変えた場合のRaの変化

図17は各種光源ごとのエレメンタルカラーネーミングで得られた主観的Gaの値

図18はLAPとYOXの蛍光ランプの混光比率を変化させた場合、色の見えが“良い”および“許容できる”との回答の得られる確率

図19はLAPとYOXの蛍光ランプの混光比率を変化させた場合、色の見えが“良い”との回答の得られる確率

図20は道路トンネル視環境としてのランプ光色の違和感の評価実験の実験装



置

図21は道路トンネル視環境としてのランプ光色の違和感の評価実験の“色み”と“白み”の主観評価の割合

図22は道路トンネル視環境としてのランプ光色の違和感の評価実験の光色（赤み 緑み 黄み 青み）の主観評価の割合

図23は可視域の青の光を可視域の長波長側へ変換する蛍光体を第一の実施例の蛍光ランプに付加した場合の一実施例

図24は一般照明用光源として2波長域発光形光源を構成した場合の分光放射の範囲の模式図

図25は第4、5、6、7（(27)～(30)）の実施例の比較図

（符号の説明）

- 1 本発明のランプ光色の範囲
- 2 黒体放射軌跡
- 3 LAPのみの場合のシミュレーション光源
- 4 LAPとYOXの光束比93：7のシミュレーション光源
- 5 LAPとYOXの光束比85：15のシミュレーション光源
- 6 LAPとYOXの光束比76：24のシミュレーション光源
- 7 LAPとYOXの光束比68：32のシミュレーション光源
- 8 LAPとYOXの光束比43：57のシミュレーション光源
- 9 YOXのみの場合のシミュレーション光源
- 10 相関色温度5576[K]、DUV72.3のシミュレーション光源
- 11 相関色温度5158[K]、DUV58.9のシミュレーション光源

- 12 相関色温度4467[K]、DUV42.3のシミュレーション光源
- 13 相関色温度4219[K]、DUV33.7のシミュレーション光源
- 14 相関色温度3866[K]、DUV26.4のシミュレーション光源
- 15 相関色温度3392[K]、DUV16.3のシミュレーション光源
- 16 相関色温度3045[K]、DUV8.5のシミュレーション光源
- 17 相関色温度2538[K]、DUV-0.3のシミュレーション光源
- 18 道路トンネルの透視図パネル
- 19 発光部の輝度を与えるパネル後面に配された評価用光源
- 20 視環境の順応輝度を与えるパネル前面の評価用光源
- 21 評価者
- 22 相関色温度5230[K]、DUV63の試作ランプ
- 23 相関色温度4820[K]、DUV51の試作ランプ
- 24 相関色温度4370[K]、DUV40の試作ランプ
- 25 相関色温度3670[K]、DUV23の試作ランプ
- 26 相関色温度3261[K]、DUV14の試作ランプ
- 27 第4の実施例の分光分布の模式図
- 28 第5の実施例の分光分布の模式図
- 29 第6の実施例の分光分布の模式図
- 30 第7の実施例の分光分布の模式図

#### 発明を実施するための最良の形態

まず、具体的な実施例をする前に、本発明の概略を説明する。

発明者等は、可視波長帯域の光を2波長帯域に集中した2波長域発光形の発光

スペクトルとすることで、3波長域発光形の発光スペクトルを持つ光源よりも発光効率を高めながら、必要最低限度の色彩の識別を可能とする波長範囲を見いだした。

この発光スペクトルの組合せは、530～580[nm]および、600～650[nm]の2帯域であり、それによって得られるランプ光色の相関色温度は1700～6500[K]、DUVが0～70の範囲であった。

これにより、高い発光効率を持ちながら、少なくとも赤、緑、青、黄、白の色彩のカテゴリの認識、つまり、最小限度のカテゴリカル色知覚が得られる。また道路照明や、トンネル照明に使用した場合には黄色と白色の路面標示を判別可能とすることができ、標識の色彩を識別可能な光源を提供することができる。

まず、カテゴリカル色知覚について説明する。

人間の視覚系は微細な色の違いを見分ける色弁別能力を有するが、これと同時に色の概念を大きく分類しカテゴリ的に認識する能力も持っている。例えばくすんだ赤も、鮮やかな赤も、赤は赤の代表的な色の概念として抽象化して認識することが可能である。このような日常的な色の認識にかかわる判断や、色覚の数々の研究から、色彩のカテゴリカル色知覚は、小色差の弁別能力とともに人間の色覚の基本的な機能であることが分かってきた。

発達した言語には11色の共通の基本色名があり、人種に係わらず安定したカテゴリカル色知覚の存在が示されている（例えば、文献「カラー リサーチ アンド アプリケーション 第12巻」(Boynton, R. M. and Olson, C. X.: Locating basic colors in the OSA space, Color Res. Appl., Vol. 12 P94, 1987) や、「ビジョン リサーチ 27」(Uchikawa, K. and Boynton, R. M.: Categorical color perception of Japanese observers: Comparison with that of Americans, Visi

on Res., 27, P1825, 1987) など)。

この 11色は赤、緑、黄、青、茶、橙、紫、桃、白、黒、灰であり、この 11色はachromatic colour terms (白、黒、灰) と chromatic colour terms (赤、緑、黄、青、茶、橙、紫、桃) に分類される。また、chromatic colour termsはさらにprimary colour (赤、緑、黄、青) と secondary colour (茶、橙、紫、桃) に分類される。

さて、この 11色の内、照明工学的に最も基本となるカテゴリーは、有彩色カテゴリーに対しては視覚の反対色応答成分であり primary colour である赤、緑、黄、青である。これは、その他の secondary colour の色彩のカテゴリーは primary colour の複合により生じるカテゴリーであることによる。

また、無彩色カテゴリーの代表は照明工学的には白である。なぜなら、白は照明光源の分光分布を直接的に最も強く反映するからである。これに対して、黒は光を吸収するため、光源の分光分布の変化に係わらず、カテゴリー判断が実用範囲内で一定である。このため無彩色カテゴリーの暗色は白に比べて相対的に重要度が低い。よって本発明は、赤、緑、黄、青、白を必要最低限度のカテゴリカル色知覚の対象とした。

次に 2 波長域発光形光源の考え方について説明する。

光の三原色である赤 (R)、緑 (G)、青 (B) がそろっていなくとも 2 色の色刺激のみでほとんどの色再現が可能とするランドの 2 色法 (Land's work on two-primary color projections) とよばれる考えがある。

Land の Retinex 理論によるならば光の 3 原色がそろっていなくとも、実際は 2 色の混光でかなりの色再現が可能となる (存在しないスペクトルの色がインダクション効果、物体が何であるかという認識に伴った記憶色、色対比によって知覚さ

れるとも考えられる)。

人間は網膜にS、M、Lの3種の錐体細胞を持つが、これはそれぞれ、可視波長帯域の短波長(青)、中波長(緑)、長波長(赤)に最大感度を持っている。これら3つの視細胞の出力が、組み合わせられ、“黄と青”“赤と緑”の反対色応答として網膜で中間処理され、最終的には大脳高次中枢でカテゴリーカルな色彩の認識に至るのである。

ここで、反対色の2刺激の組合せで白色光源を作るには、視覚の反対色応答系の黄と青を主に刺激するY-B系2波長域発光形光源の考えの他に、今回新たに発明した視覚の反対色応答系の赤と緑を主に刺激するR-G系2波長域発光形光源の考えも有り得るのである。

本発明においては、旧来のR<sub>a</sub>による評価ではなく、必要最低限度のカテゴリーカル色知覚を得るという見地から、R-G系2波長域発光形光源の照明光として最適な2波長に光のスペクトルを集中することで、最低限度の色識別が可能な高効率光源を実現する可能性を見いだしたものである。

この結果、2波長を組合せて構成した照明光で、赤、緑、青、黄、白の色票の最低限度のカテゴリーカルな色識別が可能であった2波長の波長範囲は、前記の530～580[nm]および、600～650[nm]の組合せであった。

つまり、過去のY-B系2波長域発光形光源の最適化に関しては、基準光源で照明された色票の色の見えと、ある光源下で照明された色票の色の見えとが、どれだけ色ズレを起こすかを色差で評価する演色性の考えで2波長域発光形光源の最適化シミュレーションを行なったものであったが、今回のR-G系2波長域発光形光源の最適化に関しては、実際の人間の色彩に対する主観的なカテゴリー判断に基づいた、カテゴリーカル色知覚による最適化の結果である。これは高効率で

最低限度の色彩の識別が要求される光源の実使用上の要求を評価するにあたり、より実用的な観点であり、評価の手法自体が旧来の技術とは異なるものである。

Y-B系2波長域発光形光源の場合、一般に危険を表示する重要な色彩である赤を、色再現が不安定なインダクション効果に頼って再現しなければならないために実際の照明応用には問題がある。

これに対してR-G系2波長域発光形光源の場合、一般に危険を表示する色彩である赤色を、600[nm]より長波長にある発光スペクトルで知覚させ、Y-B系2波長域発光形光源の場合のように赤色の再現を色再現が不安定なインダクション効果に頼らないために実際の照明応用には有利である。

また、実用蛍光体の効率を見ても、黄、青に主波長を持つ蛍光体より、相対的には、赤、緑に主波長を持つ蛍光体の方が効率が高い傾向にある。

蛍光体の分光分布をガウシアン分布で近似し、全て波長範囲での量子効率を一定と仮定したものでは、シミュレーション的にはY-B系2波長域発光形光源の理論上の効率は高くなっても、実際の蛍光体や光源の発光には副発光などが存在し、実際上の最高効率はシミュレーションのようには得にくい。さらに、今回発明したR-G系2波長域発光形光源は、実用光源を得る際に、主に効率を稼ぐことになる530～580[nm]の発光の許容範囲は、標準比視感度曲線から見て、555[nm]を1とした場合、相対的に0.85以上と広く視感効率が高い範囲であり、実用光源を得る際の材料選択の幅が広い。

このため、Y-B系2波長域発光形光源は理論上の効率が高くとも、実現性の面でR-G系2波長域発光形光源の方が利点が多くなる。

さらに、本発明はランプ光色の相関色温度が1700～6500[K]、DUVが0～70の範囲であることから、実用的な相関色温度で黒体軌跡より緑側に光色

の許容範囲が広いために、結果的に視感効率の高い530～580[nm]の発光の比率を高めることができるという利点がある。

ここで、相関色温度が1700[K]を下回ると白でのカテゴリカル色知覚が得られなくなり、相関色温度が6500[K]を上回るように相関色温度を設定すると、青みのスペクトル成分の割合を増加させざるを得なくなり、実用上高効率というメリットがなくなり、通常の3波長域発光形光源との差異が少なくなる。

このため2波長域発光形の発光スペクトルで、3波長域発光形の発光スペクトルを持つ光源よりも発光効率を高めながら、前記最低限度のカテゴリカル色知覚を可能とする波長範囲の発光スペクトルの組合せは、ランプとしては、530～580[nm]および、600～650[nm]の2帯域の発光スペクトルの組合せであり、ランプ光色の相関色温度が1700～6500[K]、DUVが0～70の範囲となる。

以上、実用上の視認要件および、実現性からみてY-B系2波長域発光形光源に対して、R-G系2波長域発光形光源は総合的に実用性に富んでいるといえる。さらに、本発明の光源の色度範囲の限定について、図面を参照しながら説明する。

図1はx y色度座標上での本発明の光源の色度範囲を示すものである。

図中の1の実線で囲まれる範囲は、本発明のランプ光色の範囲  $(x, y) = a : (0.228, 0.351)$ ,  $b : (0.358, 0.551)$ ,  $c : (0.525, 0.440)$   $d : (0.453, 0.440)$ ,  $e : (0.285, 0.332)$  を示している。

aからbは安全光色の緑との境界、bからcは安全光色の赤と緑との色覚異常者の色覚異常混同線、cからeは一般的な白色光源で用いられる色度範囲のDUVがプラス側への限界である。

また2の破線は黒体放射軌跡である。一般にランプの効率はランプ光色を2の黒体放射軌跡から上方のDUVがプラス側に変移したほうが高くなることが知られているが、あまりDUVをずらすとRaが低くなり忠実な色再現が実現できなくなり実用的ではないとされていた。

しかし、高効率な光源の使用が最優先され、最低限度の色識別が可能であれば十分なトンネル照明や道路照明などの場合、安全色彩などが最低限度にカテゴリーカルな判断ができればよいというニーズもある。

こういった場合には、その光色に視覚系が順応できれば、従来、常用光源として忠実な色再現をもとに考えられていた光源の色度範囲より離れた部分まで、光源光色として許容することが可能となる。

2の黒体放射軌跡に近い方が、最低限カテゴリーカルな色彩の判別がつくレベル以上に色彩の忠実演色のレベルは高まるがランプ効率は低下する。そこで、黒体放射軌跡に近い白色光源の制限範囲と、スペクトル軌跡に近い有色光源の制限範囲を図2のCIEの信号色光の範囲から設定した。(COMMISSION INTERNATIONAL DE L'CLAIRAGE:REVIEW OF THE OFFICAL RECOMMENDATIONS OF THE CIE FOR THE COLOURS OF SIGNAL LIGHTS,CIE TECHNICAL REPORT CIE107-1994)

図2の信号色光の範囲に対し、本発明の光源の光色の緑側への制限は、緑の白色側への制限ラインの延長線上よりも白色側に本発明の光色を設定したことで、緑の安全色光との分離を明確にしている。また、黄と赤の白色側への制限ライン(A)、(B)の延長線上よりも白色側に本発明の光色を設定したことで、本発明の光色が、黄・赤の色光との色覚異常(ANOMALOUS COLOUR VISION)混同線の上に乗らなくなる。このことにより色覚異常者にも赤・黄の重要な信号光色と本発明の光源の区別が付きやすくなる。



黒体放射軌跡とこれらの信号色光の範囲に囲まれる範囲内が、色光との混同が少なく、効率よく複数の基本色名のカテゴリカルな識別が可能な範囲といえる。

また、従来演色の忠実性で評価され、常用白色光源として許容されていた白の光色の範囲よりDUVをプラス側まで照明光として許容しても、安全色彩などの色のコーディングに用いられる高彩度な色彩は、カテゴリカルに識別できるため、この範囲が従来の光源以上に高効率にカテゴリカル色知覚が可能な光源を実現する範囲となる。

また、従来の一般光源と比較して、効率と視環境としての違和感とを勘案すれば、図3の発光色の色名の(うすい: pale)黄、(うすい)黄緑の範囲が好適であり、黄、黄緑、(緑みの)白、(うすい)緑、および、黒体放射軌跡より上方の(黄みの: yellowish)白、白、(うすい)黄赤、黄赤の範囲がこれにつづく。

この範囲は、 $x$   $y$  色度座標上で本発明の色度範囲と類似形状を有している。

以上から本発明の色度範囲は、従来の白色光源に無い色度範囲の照明光源を実用に供しようとしていることがわかる。

本発明においては、従来の常用の照明光源の色度範囲内から外れながらも、主たる発光波長の範囲を530～580[nm]とすることで視感効率を稼ぎながら、わずかなその他の可視波長帯域の副発光で、複数の基本色のカテゴリカルな識別を最低限度に確保して高効率な照明光源を実現することができる。ここで、530～580[nm]以外の発光を、さらに600～650[nm]に集中することで、よりいっそう高効率に、赤を含む複数の基本色のカテゴリカルな識別を可能とすることができる。

次に、本発明の具体的実施例について図面に基づいて説明する。

蛍光放電ランプ一般においては、放電による発光ではなく、蛍光発光をコントロールし、放電ランプの場合、封入物を選定することで放電による発光をコントロールする。

本発明の第1の実施例は図4に示す分光分布を持つ蛍光ランプである。

蛍光体として、(化1)  $\text{LaPO}_4 : \text{Ce}, \text{Tb}$  で示される一般的な緑の実用蛍光体 (以下LAPという) と、(化2)  $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$  で示される一般的な赤の実用蛍光体 (以下YOXという) で蛍光ランプを構成したもので、理論的には 40[W]直管形で総合効率 107 [lm/w] であり、これを高周波点灯用に管径を細形化し、高周波点灯する事で総合効率 128 [lm/w] が可能である。

これは、現在最も効率が良いとされる低圧ナトリウムランプ (LPS) 55[W] 形の総合効率 109 [lm/W] を凌駕するものである。しかしLPSは単色光を発射する。従って、単色の色のみがLPSの下では見える。最小限度のカテゴリカルな色の識別が可能な実用光源としては本発明は画期的なものである。

カテゴリカル色知覚の基本となる11色のカテゴリーは赤、緑、黄、青、茶、橙、紫、桃、白、黒、灰である。この内、最も基本となるカテゴリーは、有彩色成分に対しては赤、緑、黄、青であり、無彩色成分としては白である。これは白は照明光源の分光分布を直接的に反映するからである。これに対して、黒は光を吸収するため、光源の分光分布の変化に係わらずカテゴリー判断が実用範囲内で、光源の光色によらず一定であるため白に比較して相対的に重要度が低い。よって本実施例では、赤、緑、黄、青、白を最低限度のカテゴリカル知覚の対象とした。

さらに、照明工学的には評価対象となる色票を選定せねばならないが、本実施例では照明環境として最低限度は判別できなければならない色票として安全色、特に交通安全色を代表に選択した。

評価対象となる色票は、最低限度の見えが保証されるように応用の場に際して適宜選択されても良い。この他、特殊演色評価色R 9（赤）、R 10（黄）、R 11（緑）、R 12（青）を使用すること、または、それぞれのカテゴリーの他の代表色を使用することで用途を一般化することが考えられるが、これらの色は高彩度色であり色彩の識別レベルが高いために今回の結果に大差は生じない。

このため本実施例では、演色性が低くとも高効率が求められる照明応用の場の実態と照らして、前記交通安全色票を、応用上のカテゴリカルな色知覚が確保されねばならないものの最低限度を規定する代表とした。

今回、可視波長帯域の光を2波長帯域に集中した2波長域発光形の発光スペクトルで、前記最低限度のカテゴリカルな色知覚を可能とする波長範囲を見いだした。この範囲は、白熱光源からの放射光を、半値幅が10[nm]の多層干渉膜フィルタ一中を透過させることで、可視帯域の各種スペクトル波長を抽出し、さらにその内の2組の組合せを系統的に行い、赤、緑、青、黄、白の各色の認識が可能なスペクトル波長の組合せを実験的に求めた結果である。

この実験は、その色の見えとして“許容できる：acceptable”を中位点におき、“良い：good”から“悪い：poor”の尺度構成(SCALE CONSTRUCTION)の中で官能評価(SENSORY EVALUTION)させる系列範疇法(METHOD OF SUCCESSIVE CATEGORIES)を利用して行われた。この系列範疇法は、平均演色評価数Raで表現されるような、基準の光の下での色彩の見えとの色差をもとにした演色性の忠実さを評価する基準とは目的を異にしており、その色はその色の認識として“許容できる”か否かの許容性：Acceptabilityを主観的に評価する演色性評価手法に基づいて、色彩のカテゴリカルな再現性を評価したたものである（例えば、このようなAcceptabilityを主観的に評価する手法について述べたものには、文献「イ

ルミネイティング エンジニアリング」(W. G. Pracejus, Preliminary Report on a New Approach to Color Acceptance Studies. Illuminating Engineering, Vol. 62, P663, 1967) や、「カラー リサーチ アンド アプリケーション 第15巻」(R. M. Boynton, L. Fargo, B. L. Collins, Categorical Color Rendering of Four Common Light Sources., Color Research and Application, Vol. 15, No. 4, P222, 1990) などがある)。

つまり、上記実験の方法は、色再現の忠実度をもとに光源の色の見えを評価しているのではなく、主に色の認識の許容度をもとに、カテゴリカルな色彩認識の安定性を評価するものである。

この結果、2波長を組合せて構成した照明光で、赤、緑、青、黄、白の各色の色票の認識が可能で、カテゴリカルな色彩の認識を正しく行えた波長範囲の組み合わせは、前記の530～580[nm]および、600～650[nm]の組合せであった。

さらに、3波長域発光形の発光スペクトルを持つ光源よりも発光効率が高く、しかも前記最低限度のカテゴリカルな色知覚を可能とする2波長域発光形の照明光は、その発光スペクトルの組み合わせが530～580[nm]および、600～650[nm]の2帯域であり、ランプ光色の相関色温度が1700～6500[K]かつ、DUVが0～70である。

この帯域は、発光効率の高い発光物質の多い帯域であり、実用的である。第1の実施例である、前記(化1)(化2)などは一般的な3波長域発光形蛍光ランプの緑、赤の発光成分である。

これにより、高い発光効率を持ちながら、少なくとも赤、緑、青、黄、白の色彩のカテゴリの認識、つまり、最小限度のカテゴリカル色知覚が可能な光源を実用にする事ができる。

さらに、道路照明や、トンネル照明に使用した場合には、黄色と白色の路面標示を判別可能とすることができ、かつ、標識の色彩を識別可能な光源を提供することができる。なお前述のように、本実施例以外にも、適用場所に応じて、評価対象となる色票を、最低限度の見えが保証されるように、応用の場ごとに、適宜選択しても良い。

次に本実施例のランプでの色の見えについて、図5、図6、図7、図8、図9、図10、図11を用いて説明する。

図5から図11は、本実施例において、LAPとYOX単体のランプの混光比率を変えて蛍光ランプを構成した場合のシミュレーションの分光分布である。また、本実験検討におけるLAPおよびYOXは、530～580[nm]および600～650[nm]に発光ピークが存在する蛍光体の一例である。

3 (図5) はLAPのみの場合であり、DUVは75

4 (図6) はLAPとYOXの光束比93：7であり、DUVは60

5 (図7) はLAPとYOXの光束比85：15であり、DUVは43

6 (図8) はLAPとYOXの光束比76：24であり、DUVは27

7 (図9) はLAPとYOXの光束比68：32であり、DUVは14

8 (図10) はLAPとYOXの光束比43：57であり、DUVは-11

9 (図11) はYOXのみの場合であり、DUVは-25である。

次に、これらのシミュレーション光源を実際にLAPとYOXの混光照明で得て、このシミュレーション光源での色彩の見えを評価した。この結果を、図12、図13、図14、図15を用いて説明する。

図12、図13、図14は、交通標識に使用される白、赤、緑、黄、青の色票と、路面標示に使用される路面黄の色票が、色の見えとして“良い”、“許容できる

“、悪い”の何れに当てはまるかを官能評価させたカテゴリカルカラーレンダリングの評価結果であり、図12は“良い”と“許容できる”、図13は“良い”、図14は“悪い”、の色彩の評価の累積度数をヒストグラムに示したものである。

色票は、交通標識色については、道路標識令に定める色彩（全国道路標識業協会編、建設省道路局 警察庁交通局 監修、道路標識ハンドブック 参照）の白：N 9. 3, 黒：N1. 5, 赤：7. 5 R 4 / 1 3. 5, 緑：5 G 4 / 8, 黄：2. 5 Y 8 / 1 2. 5, 青：7. 5 P B 2. 5 / 7. 5を使用し、路面黄については警察庁指定の道路標示黄色（社団法人 全国道路標識標示業協会製作、道路標識黄色色見本）5. 5 Y R 6. 5 / 1 2によるものとした。

図中の棒グラフは左から順番に、3は図5、4は図6、5は図7、6は図8、7は図9、8は図10、9は図11の蛍光ランプでの評価結果である。

次の、D 6 5は合成昼光D 6 5に分光分布を近似させた色評価用の蛍光ランプであり、NXは低圧ナトリウムランプ、NHは高圧ナトリウムランプ、EX-Lは電球色3波長域発光形蛍光ランプでの評価結果である。

色比較の基準ランプであるD 6 5蛍光ランプでは、色の見えが“良い”との回答が最多であり、低圧ナトリウムランプでは最少である。これとは逆に色の見えが“悪い”との回答は、D 6 5蛍光ランプで最少となり、低圧ナトリウムランプで最多となっている。

本実施例において、LAPとYOXの比率を変えて蛍光ランプを構成した場合（NO. 3～NO. 9）において、その比率により評価は変化するが、DUVがプラス側の方がDUVがマイナス側の方に比べて評価が高まっており、DUVがプラス側で評価が極大化する傾向が見て取れる。この実験の場合、色の見えが“良い”との回答の最多は6の比率であり、色の見えが“悪い”との回答の最少も6の比率である。

最低限度の色の見えの保証という意味において、評価が“良い”と“許容できる”の回答までを許容すると、6の比率はD65やEX-Lにならび、色の認識を許容レベルで満足している。さらに、4、5、6、7の比率に比べ、低圧ナトリウムランプや高圧ナトリウムランプの色の見えは許容度合が低いことがわかる。

また、図15は、交通標識に使用される黒の色彩の色票が、演色として“悪い”と評価した評価の累積度数を積み上げグラフに示したものである。

結果がグラフに現われないのは、すべて“良い”と言う回答であったため、この結果からも最低限の演色性を規定するための無彩色色票の代表は白でよいことが分かる。

これらを総合し、安全色彩の一種である交通標識色として色票の演色の“許容度”を考えると、安全色彩として見た場合、赤は一般に比較的“危険度”、“緊急度”の高い表示にコーディングされ、青は比較的“危険度”、“緊急度”の低い指示案内系統の表示にコーディングされることから、赤に対して“許容できない”の評価があるDUVがマイナス側のものに比べて、DUVのプラス側の光源は安全色彩の色の見えの許容度が高いと言える。

これらの結果は、効率の面から交通照明の場に多く用いられる、低圧ナトリウムランプや高圧ナトリウムランプより良い結果であり、R-G系2波長域発光形光源の優位性が現われている。

ここで図16に、LAPとYOXの光束比を変えて計算シミュレーションした蛍光ランプの平均演色評価数 $R_a$ を示す。グラフは左がLAPの光束比100[%]の場合で、右がLAPの光束比0[%]つまりYOXの光束比100[%]の場合であり、右にいくほどLAPの光束比が少なくなっている。

図16のWで示された点がDUVが0の点で、この点で $R_a$ が最高値を示すこ

とが判る。つまり、基準光源下での色の見えからの色差をもとに演色性を評価するという旧来の $R_a$ による評価技術で、2波長域発光形光源を評価した場合、 $D_{UV}$ が0の点が最高の色の見えを示すポイントとなり、ここが、光源の光色を最適化するポイントになってしまう。

ところが、人間にカテゴリカルな色再現性の主観的な評価をさせた場合は、これとは異なり $D_{UV}$ がプラス側、つまり $LAP$ の光束比が $W$ より大きい側に主観評価が向上する点が生じる。このように本発明は旧来の $R_a$ で示されている評価とは別の事象の新たな作用効果の発明を論じていることが判る。

つぎに、なぜこの様な新たな作用効果が生じるのかを論じる。

実験では前記のカテゴリカルなカラーレンダリングの評価と同時に、エレメンタルカラーネーミング法による主観評価実験を行なっている。

この手法は、被験者に持ち点を10点とし、提示された色票の色彩を見て、そこに感じる“色み：chromaticness”と“白み：achromaticness”の量に持ち点を配分させる第一の実験と、再び持ち点を10点とし今度はその色みを“赤み”“緑み”“黄み”“青み”に内から1色または2色選んで表現し持ち点を配分する第二の実験からなる。

この手法によって得られた色みの評価点に“赤み”、“緑み”、“青み”、“黄み”の評価点を掛け合わせることで、被験者が感じた主観的な色を表現することができる。

この主観的な色は、“赤み”と“緑み”の反対色の軸と、“青み”と“黄み”の反対色の軸の2軸の直交座標上に表現できる。いまこれを主観的な色度座標と定義すると、各種光源下で評価された色票のそれぞれの主観的な色度座標上の位置が決まり、さらにその位置で囲まれる面積が計算できる。



この面積をエレメンタルカラーネーミングで得られた主観的Gamut area:  $G_a$ で表現すると、この値が大きい方が、主観的に色彩が鮮やかに見える傾向を表す指標となる。

ここで、図17に各種光源ごとにエレメンタルカラーネーミングで得られた主観的 $G_a$ の値を図示する。図17において、左から順番に、3は図5、4は図6の蛍光ランプ、5は図7の蛍光ランプ、6は図8の蛍光ランプ、7は図9の蛍光ランプ、8は図10の蛍光ランプ、9は図11の蛍光ランプである。次の、D65は、合成昼光D65に分光分布を近似させた色評価用の蛍光ランプ、NXは、低圧ナトリウムランプ、NHは、高圧ナトリウムランプ、EX-Lは、電球色の3波長域発光形蛍光ランプである。

エレメンタルカラーネーミングで得られた主観的Gamut area:  $G_a$ の値は、前記色票が色の見えとして“良い”、“許容できる”、“悪い”の何れに当てはまるかを主観評価させたカテゴリカルカラーレンダリングの評価結果に同じく、6の比率の場合に最もポイントが高くなっている。

これらの主観評価を組み合わせて検討すると、DUVがプラス側にずれた点でカテゴリカルなカラーディスクリミネーションが向上し、評価の向上が得られたと考えられる。つまり、本発明のような場合には、主観的な色彩の鮮やかさの向上により、色票の忠実再現性の低下がカラーセパレーションの向上という形で補われることで、カテゴリカルな色の知覚の向上の効果が生じたということである。

またこの様に、いくつかの主観評価手法の結果を多面的に評価しても、向上するポイントが共通するという事実から、本検討の妥当性を相互検証する事ができた。

まとめると、以上のことから本発明のランプの作用は、従来の評価方法で捉え

られていない事象を捉えていることが分かった。また、本発明では視感効率の高い530～580[nm]の波長範囲に分光分布を集中するためランプの効率向上が望める。さらに、DUVがプラス側にはずれる方が、前記波長範囲の分光分布の割合が増えランプの効率が高くなるという特徴を生む。

つぎに、カテゴリカルな色の見えからDUVを0以上のプラス側に許容する限界を決定することは、最低限の色の見えを確保しながら効率を高めるランプ設計上の重要なポイントとなる。

ここで、LAPとYOX単体の蛍光ランプの混光比率を、10のLAP単体近くから17のDUV0近傍まで変化させた場合について、2つの発光ピークの変化に伴うDUVの変化と、色の見えが“良い”および“許容できる”との回答の得られる確率と、色の見えが“良い”との回答の得られる確率との関係を図18と図19に示す（この場合DUVが主にプラス側についてより詳細に検討した）。この時、DUVが約0の10の蛍光ランプはLAPとYOXのピーク強度比が約1：2であり、DUVが約72の17の蛍光ランプはLAPとYOXのピーク強度比が約10：1である。

まず、図18の色の見えが“良い”および“許容できる”との回答の得られる確率について述べる。

“良い”と“許容できる”を合わせた回答が急激に低下するのは、DUVが70より高い場合であり、DUV70以下で必要な色の見えが保証されるものと考え、DUV0近傍から70近傍、つまり、LAPとYOXの発光ピークの発光強度の比率が1：2から10：1の範囲はカテゴリカルな色の見えが保証されている範囲と言える。また、この実験でもDUVが0ではなく0を越え70以下で評価が高い。

本実験は前述の実験に比較してLAPとYOXの混光比率を変えることによる評価の変化の差が見えにくくなっているが、この差は実験の評価刺激の提示方法の差にある。

前述の実験は、LAPとYOXの混光比率の変化に伴う評価の変化の様相を検討するため、LAPとYOXの混光比率の変化に沿って評価刺激を順次提示したものであり、評価の変化の様相を抽出するための実験である。

それに対し本実験は、LAPとYOXの混光比率の変化に伴う評価の出現率を求めるために、LAPとYOXの混光比率の変化によらず、評価刺激をランダム提示し、繰り返し回数を増加させたものであり、評価が得られる確率の絶対値を抽出するための評価の実験である。

色の認識の許容度をもとに、カテゴリーカルな色彩認識を評価し、最低限度のカテゴリーカルな色の見えを確保する限界を求めるのであれば、従来とは異なり、DUVがプラス側にはずれたDUVが0～70の範囲をとることが可能となる。

これは、視環境を照明している照明光が変わった場合でも人間の視覚はその照明光に順応することで、視環境内の同じ物体に対する色知覚は大きく変化しないという性質、すなわち視覚の色恒常性が、DUV70程度まで機能しており、色順応によってカテゴリーカルな色の知覚を得ることができるためと考えられる。

次に、図19の色の見えが“良い”および“許容できる”との回答の得られる確率について述べる。

この場合のように、評価刺激の逐次提示ではなく、ランダム提示のような実験手法をとった場合、許容できる以上の評価であれば、DUVが70近くまでかなりの色の見えが許容され、評価の違いが現われにくい。ここでさらにシビアに“良い”という評価の得られる確率でその評価の違いを高感度に抽出すれば、特に

重要な色彩である赤の見えについて好適な範囲は、DUVが約10から45程度であることが分かる。また、実験手法の変化にも関わらずやはりDUVが0ではなく、0より大きく70以下に評価が高まる範囲が存在することが見て取れる。

また、実際にLAPとYOXの2つの蛍光体からなる蛍光ランプを試作し、図20のごとき実験装置で道路トンネル視環境を作成し、ランプ光色の違和感の評価実験を行なった。

すなわち、道路トンネルの透視図パネル18を設置し、その透視図パネル18の光源にあたる部分をくり抜き、パネル後面に配された評価用光源19から光を照射することによって、光源の輝度を与え、またパネル18前面の評価用光源20から、視環境の順応輝度を与えるようになっている。このようにして暗室内で視環境のシミュレーション場面を生成した。

評価者21には、透視図パネル18の光源部分に設定された評価用光源19の発光のみが見え、透視図パネル18前面に設定された評価用光源20は見えないようになっている。つまり、パネル18前面に設定された評価用光源20はパネル18は照明するが、評価用光源20自身は評価者21には見えない。この様に視環境の順応輝度と光源自身の輝度が独立に与えられることで、視環境の実験条件が光源ごとに一定に調整される。

これにより、暗室内にシミュレーション的に照明視環境を実現し、照明視環境としての本発明の光源の評価を行った。評価方法はエレメンタル カラー ネーミング法である。

実験結果を図21と図22に示す。

図中の横軸は光源の種類であり、22から26までは試作ランプ、EX-Lは比較対象とした電球色3波長域発光形蛍光ランプである。

ここでのエレメンタル カラー ネーミング法は、被験者に持ち点を10点とし、提示された光源の発光色を見て、そこに感じる“色み”と“白み”の量に持ち点を配分させる第一の実験と、再び持ち点を10点とし今度はその色みを“赤み”、“緑み”、“黄み”、“青み”に内から1色または2色選んで表現し持ち点を配分する第二の実験からなる。

試作ランプ22は、相関色温度が5230[K]でありDUVは63、試作ランプ23は相関色温度が4820[K]でありDUVは51、試作ランプ24は相関色温度が4370[K]でありDUVは40、試作ランプ25は相関色温度が3670[K]でありDUVは23、試作ランプ26は相関色温度が3261[K]でありDUVは14である。

図21の“色み”と“白み”の主観評価の割合を見てみると、試作ランプ24で光源の“色み”と“白み”が均衡し、これ以上LAPの割合が高いと光源の“色み”が強くなることが分かる。また、試作ランプ25、26で、一般的な光源である電球色蛍光ランプのEX-Lと同等の光源の“色み”の強さとなっていることが分かる。

図22の光色の主観評価の割合を見てみると、試作ランプ24、25の間で“緑み”の強さと“黄み”の強さが反転し、光源色の見えの印象が“緑みの黄”から“黄みの緑”へと反転することが分かる。さらに、26までLAPの割合を減少させると“緑み”の印象が消え、一般的な光源である電球色蛍光ランプと同様、“赤み”と“黄み”が主な印象になる。

これは従来一般に白色光源として使用されていた範囲が、相関色温度が低い場合に赤黄に色づいているためである。

これらを総合的に勘案すると、ランプ光色の相関色温度が3500~4500[K]であり、DUVが10~45近傍が、光色的にも、視環境として違和感の無い

好適な範囲であると言える。

第2の実施例を図23に示す。

これは可視域の青の光を可視域の長波長側へ変換する蛍光体を、第一の実施例の蛍光ランプに付加した場合の一実施例である。

蛍光ランプの場合は、水銀輝線が可視部の405[nm]、436[nm]、546[nm]、578[nm]にも発光スペクトルを有している。これらの内、405[nm]、436[nm]の青色発光は約1[lm/W]の発光効率を有している。

これらの波長帯域は視感効率が悪いので、可視域の青の光を可視域の長波長側の緑へ変換する蛍光体を、R-G系2波長域発光形蛍光ランプに使用することでランプ効率の約5[lm/W]以上の改善が可能となる。

なお、放電ランプの内、蛍光放電ランプにおいて、蛍光放電ランプの蛍光体に青色発光を吸収して、より長波長の発光に変換する蛍光体を加えることでも、同様のランプ効率改善が見込める。

可視域の青の光を可視域の長波長側へ変換する蛍光体としては、ガーネットシステムの母体材料にセリウムで付活したもの{(化3)  $Y_3Al_5O_{12} : Ce$ }、

ほうりん酸ストロンチウムの母体材料にユーロピウムで付活したもの{(化4)  $2SrO \cdot (1-n)P_2O_5 \cdot nB_2O_3 : Eu$ }、マンガ付活マグネシウムフルオロジェーマネート{(化5)  $3.5MgO \cdot 0.5MgF_2 \cdot GeO_2 : Mn$ }、などがあり、とくに(化3)の変換効率は80%に達する。

次に第3の実施例を説明する。図24に一般照明用光源として2波長域発光形光源を構成した場合の分光放射の範囲を模式化して示す。19の実線は波長範囲530~580[nm]の分光放射の範囲を模式化して示したもの、20の実線は波長範囲600~650[nm]の分光放射の範囲を模式化して示したものである。2

1の破線は可視波長帯域のその他の波長の分光放射の割合を模式化したもので、  
22の一点鎖線は可視波長帯域の530[nm]以下の青の波長の分光放射の割合を  
模式化したものである。

放電ランプを構成した場合に、19と20の範囲内に全ての分光放射を集中  
することが理想であるが、実際は21で示すごとく可視波長帯域のその他の波長に  
おいても分光放射は生じる。21の割合が増加するほど、Raで表わされる忠実  
演色という意味での演色性は、向上するが効率の低下を招く。

ランプ光色を本発明のx-y色度範囲内で高い相関色温度に設計する場合は  
22の範囲の発光を増加させればよい。

ただし、19および20の波長範囲内に分光放射を集中させながら相関色温度  
を4000[K]以上に設定しようとする、19および20の範囲の分光放射の総  
光束に対し、22の範囲の分光放射の総光束が約5%以上必要となる。

このため蛍光ランプの実施例においては、(化11)  $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}:\text{Eu}$ 、(化12)  $(\text{Sr}, \text{Ca}, \text{Ba})_3(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}$ 、(化13)  $\text{Sr}_2\text{Al}_{14}\text{O}_{25}:\text{Eu}$ 等の青色蛍光体をわずかに混入すること、HIDランプにおいて  
は、青色発光物質を封入することが出来る。

なお、19の実線の波長範囲530～580[nm]の分光放射の範囲と主に放射  
する光源、20の実線の波長範囲600～650[nm]の分光放射の範囲を主に放  
射する光源をそれぞれ独立に構成し、それらを混光照明することでも同様の効果  
が得られる。

次に図25の(27)、(28)、(29)、(30)に第4、5、6、7の実施例を  
示す。

第4の実施例である(a)は、530～580[nm]に発光ピークを持つ蛍光体お

よび、600～650[nm]に発光ピークを持つ蛍光体の組合せで、蛍光ランプを構成した場合の分光分布の模式図であり、何れの蛍光体も半値幅が広い場合である。

第5の実施例である(b)は、530～580[nm]に発光ピークを持つ蛍光体が半値幅が広く、また600～650[nm]に発光ピークを持つ蛍光体が半値幅が狭い場合の組合せで、蛍光ランプを構成した場合の分光分布の模式図である。

第6の実施例である(c)は、530～580[nm]に発光ピークを持つ蛍光体が半値幅が狭く、また600～650[nm]に発光ピークを持つ蛍光体が半値幅が広い場合の組合せで、蛍光ランプを構成した場合の分光分布の模式図である。

第7の実施例である(d)は、530～580[nm]に発光ピークを持つ蛍光体および、600～650[nm]に発光ピークを持つ蛍光体の組合せで、蛍光ランプを構成した場合の分光分布の模式図であり、何れの蛍光体も半値幅が狭い場合である。

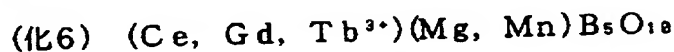
一般に半値幅が狭い希土類蛍光体を使用した場合の方が、蛍光体の量子効率も高く、高効率なランプが実現できるが、希土類蛍光体は高価なため、自己付活型蛍光体、 $s^2$ 電子配置イオン付活型の蛍光体、Mn付活型の蛍光体などの組合せで、本発明の蛍光ランプを実現した場合、また希土類蛍光体においても半値幅の広い蛍光体同士の組合せで、本発明の蛍光ランプを実現した場合が、第4の実施例である。ただし、この場合、効率は相対的に低下する。

530～580[nm]に発光ピークを持つ蛍光体に、自己付活型蛍光体、 $s^2$ 電子配置イオン付活型の蛍光体、Mn付活型の蛍光体、あるいは半値幅の広い希土類蛍光体を使用し、600～650[nm]に発光ピークを持つ蛍光体に、半値幅が狭い希土類蛍光体を使用して、組合せて蛍光ランプを構成した場合が、第5の実施

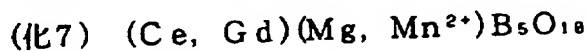


例である。この場合、主に効率を高める530～580[nm]の発光の範囲は広く、視感効率が高い範囲であるため、ブロードな分光分布を持っていても効率の低下は少ないため実用光源を得る際の材料選択の範囲が広がる。

これとは逆に、600～650[nm]に発光ピークを持つ蛍光体に、自己付活型蛍光体、 $s^2$ 電子配置イオン付活型の蛍光体、Mn付活型の蛍光体、あるいは半値幅の広い希土類蛍光体を使用し、530～580[nm]に発光ピークを持つ蛍光体に、半値幅が狭い希土類蛍光体を使用して、組合せて蛍光ランプを構成した場合が、第6の実施例である。この場合、実用光源を得るため利用する、600～650[nm]の発光の範囲に関する材料選択の範囲が広がる。なお、半値幅が狭い緑色発光の希土類蛍光体



と半値幅の広い赤色発光の希土類蛍光体



を用いた場合、それぞれを混合したものよりも、それぞれをマンガンとテルビウムで付活した一つの蛍光体としたほうがより高い量子効率を得られる。また、この場合は一つの蛍光体で、R-G系の2波長域発光形光源が実現できるので生産工程の簡素化に寄与できる。

また、希土類蛍光体について、半値幅が30[nm]以下の狭い半値幅の蛍光体同士の組合せで、本発明の蛍光ランプを実現した場合が、第7の実施例である。

この場合、実用蛍光体として一般的な蛍光体に量子効率の高いものが多く、本発明の実現上最も効率の高い組合せが可能となる。

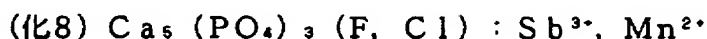
半値幅が狭く量子効率の高い希土類蛍光体の選択の一実施例として、発光ピーク波長が530～580[nm]に存在する、テルビウム、または、テルビウム・セ

リウム、または、テルビウム・ガドリニウム・セリウムを付活した蛍光体があり、また発光ピーク波長が600～650[nm]に存在する、マンガン、または、ユーロピウム、または、サマリウム、または、プラセオジウムを付活した蛍光体がある。

この組合せの代表的な例には、前記(化1)(化2)の組合せ、(化6)(化2)の組合せがある。また、発光ピーク波長が530[nm]～580[nm]に存在する蛍光体を複数使用する組合せ、また、発光ピーク波長が600[nm]～650[nm]に存在する蛍光体を複数使用する組合せも可能である。

なお、上記4から7の実施例に、可視域の青の光を可視域の長波長側へ変換する蛍光体を組み合わせた場合、405[nm]、436[nm]の水銀輝線の青色発光を可視域の長波長側へ変換することで効率の向上が可能となる。

なお、発光ピーク波長が530～580[nm]に存在する希土類蛍光体と、発光ピーク波長が600～650[nm]に存在する希土類蛍光体と、可視波長域に広い発光帯域を有する蛍光体として安価で一般的な



のハロリン酸カルシウム蛍光体とを混合することで、本発明の色度範囲内の光色を持つ蛍光ランプを、高価な希土類蛍光体の混合比が少ない状態で、実現することも可能である。

この場合、希土類蛍光体に対する(化1)(化2)の割合、一般化して言うなら、主たる発光波長の範囲、530～580[nm]、および、600～650[nm]以外の発光波長の割合が増加するにしたがいランプの発光効率は低下する。

なお、蛍光水銀ランプや、無電極蛍光放電ランプなどの蛍光放電ランプの場合も、放電ガスの輝線を除いた蛍光体の構成要件は、同様に、主たる発光波長の範

囲を530～580[nm]、および、600～650[nm]とする。しかし、この範囲に既に強い放電輝線が存在している場合は、それを活用し、本発明の色度範囲になるように蛍光体の添加を調整することも可能である。

一般照明用放電ランプの実施例として、メタルハライドランプの場合、主たる発光波長の範囲を530～580[nm]、および、600～650[nm]にもつハロゲン化金属（メタルハライド）の組合せで本発明が実施可能である。これは無電極放電ランプの場合も同様である。

また、一般に白色光源として使用されているメタルハライドランプにタリウム系のハロゲン化金属（メタルハライド）封入物の添加量を増加させることで本発明が実現できる。

一般的にメタルハライドランプにはIn（青発光）-Tl（緑発光）-Na（黄・赤発光）系のランプが多く用いられているが、これらのInの封入量を減じ青発光を成分を減少させた、タリウムとナトリウムのハロゲン化金属（一例としてタリウムとナトリウムの沃化金属）の封入物の組合せで本発明を実現することが可能である。

また、複合化合物として、(化9)  $\text{NaI} \cdot \text{AlCl}_3$ や、(化10)  $\text{CaI}_2 \cdot \text{AlCl}_3$ と、タリウムのハロゲン化金属（一例としてタリウムの沃化金属）の封入物との組合せで、本発明を実現することも可能である。

またもう一つ一般的なメタルハライドランプには、Sc-Na-(Th)系が存在するが、これと、タリウムのハロゲン化金属（一例としてタリウムの沃化金属）の封入物との組合せで本発明を実現することも可能である。

その他、Ce-Na-Cs-(Sm)系（一例としてこれらの沃化物）のSmの封入量を減じて青発光を減少させたものと、これにタリウムのハロゲン化金属

(一例としてタリウムの沃化金属)の封入物と、の組合せで本発明を実現することも可能である。

#### 産業上の利用可能性

本発明の用途としては、さほど厳密な色の見えは必要とされないが、省エネや経済効率が優先される交通照明、街路照明、保安灯、自動化工場の工場照明、人通りが少ない場の公共照明、屋外照明などがある。

以上のように本発明の放電ランプは、少なくとも赤、緑、青、黄、白の複数の基本色のカテゴリカルな識別を最低限度に確保しながら、高効率な照明光源を実現することができるという効果を有する。

また、封入発光材料の種類が3波長型に比べて2波長型の方が少なくなるためランプ製造の簡素化にもつながる。

## 請 求 の 範 囲

1. 主たる発光波長の範囲を530～580[nm]および、600～650[nm]に含み、ランプ光色の相関色温度(correlated colour temperature)が1700～6500[K]、DUV(distance from perfect radiator locus on UV co-ordinates)が0～70であることを特徴とし、少なくとも、被照明物の表面色の赤、緑、青、黄、白の色彩のカテゴリカルな識別が可能である、カテゴリカル色知覚(categorical colour perception)用光源であることを特徴とする光源。
2. 主たる発光波長の範囲を530～580[nm]および、600～650[nm]に含み、ランプ光色の相関色温度が1700～6500[K]、DUVが0～70であることを特徴とし、少なくとも、被照明物の表面色の赤、緑、青、黄、白の色彩のカテゴリカルな識別が可能である、カテゴリカル色知覚用蛍光ランプであることを特徴とする光源。
3. 用途が道路照明用もしくは屋外照明用であることを特徴とした請求項1又は2記載の光源。
4. 設計照度が200[lx]以下で用いられることを特徴とした請求項3記載の光源。
5. ランプの光色が、xy色度座標上で $(x, y) = a : (0.228, 0.351), b : (0.358, 0.551), c : (0.525, 0.440)$

d: (0.453, 0.440), e: (0.285, 0.332) の範囲に囲まれた中にあり、主たる発光波長の範囲を530~580[nm]、および、600~650[nm]に有した照明光源であることを特徴とする光源。

6. ランプの光色が、xy色度座標上で(x, y) = a: (0.228, 0.351), b: (0.358, 0.551), c: (0.525, 0.453), d: (0.285, 0.332) の範囲に囲まれた中にあり、蛍光体の主たる発光波長の範囲を530~580[nm]、および、600~650[nm]に有した照明用蛍光ランプであることを特徴とする光源。

7. 主たる発光波長の範囲を530~580[nm]および、600~650[nm]に含み、ランプ光色の相関色温度が3500~4500[K]、DUVが10~45である照明用光源であることを特徴とする光源。

8. 蛍光体の主たる発光波長の範囲を530~580[nm]および、600~650[nm]に含み、ランプ光色の相関色温度が3500~4500[K]、DUVが10~45である照明用蛍光ランプであることを特徴とする光源。

9. 少なくとも、被照明物の表面色の赤, 緑, 青, 黄, 白の色彩のカテゴリカルな識別が可能であることを特徴とする請求項5~8のいずれかに記載の光源。

10. 発光ピーク波長が530~580[nm]に存在する蛍光体は、半値幅が30[nm]以下の希土類蛍光体であることを特徴とする請求項2, 3, 4, 6, 8

又は9記載の光源。

11. 発光ピークが600～650[nm]に存在する蛍光体は、半値幅が30[nm]以下の希土類蛍光体であることを特徴とする請求項2, 3, 4, 6, 8又は9記載の光源。

12. 発光ピーク波長が530～580[nm]に存在する蛍光体、及び、発光ピーク波長が600～650[nm]に存在する蛍光体が、ともに半値幅30[nm]以下の希土類蛍光体であることを特徴とする請求項2, 3, 4, 6, 8又は9記載の光源。

13. 530～580[nm]の発光ピーク波長と600～650[nm]の発光ピーク波長の発光強度比が1:2から10:1であることを特徴とする請求項12記載の光源。

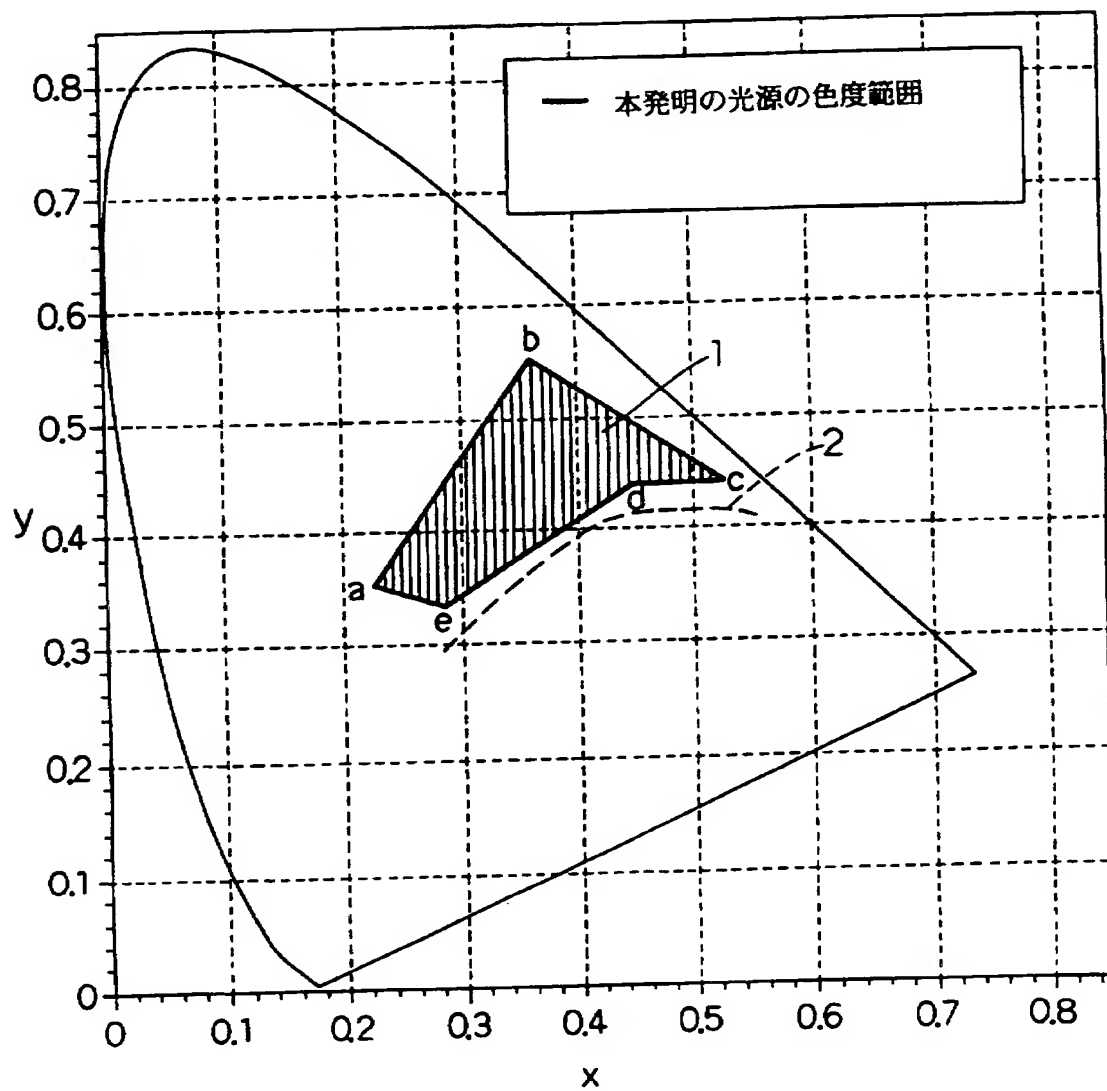
14. 発光ピーク波長が530～580[nm]に存在する蛍光体は、テルビウム、または、テルビウム・セリウム、または、テルビウム・ガドリニウム・セリウムを付活した蛍光体であることを特徴とする請求項10, 12又は13記載の光源。

15. 発光ピーク波長が600～650[nm]に存在する蛍光体は、マンガン、または、ユーロピウム、または、サマリウム、または、プラセオジウムを付活した蛍光体であることを特徴とする請求項11, 12又は13記載の光源。

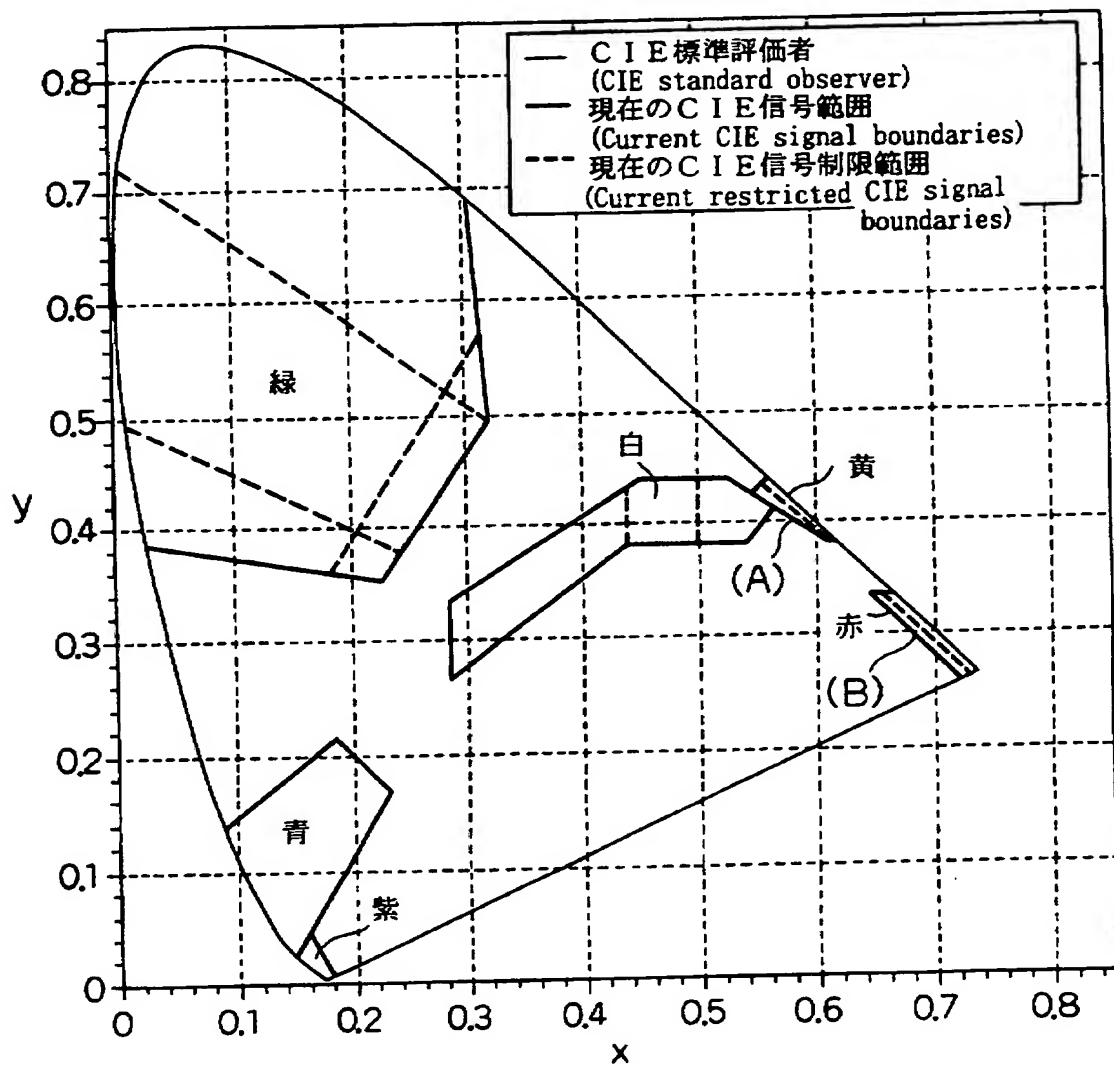
16. 青色発光を吸収して、より長波長の発光に変換する蛍光体を加えたことを特徴とする請求項2, 3, 4, 6, 8～15のいずれかに記載の光源。



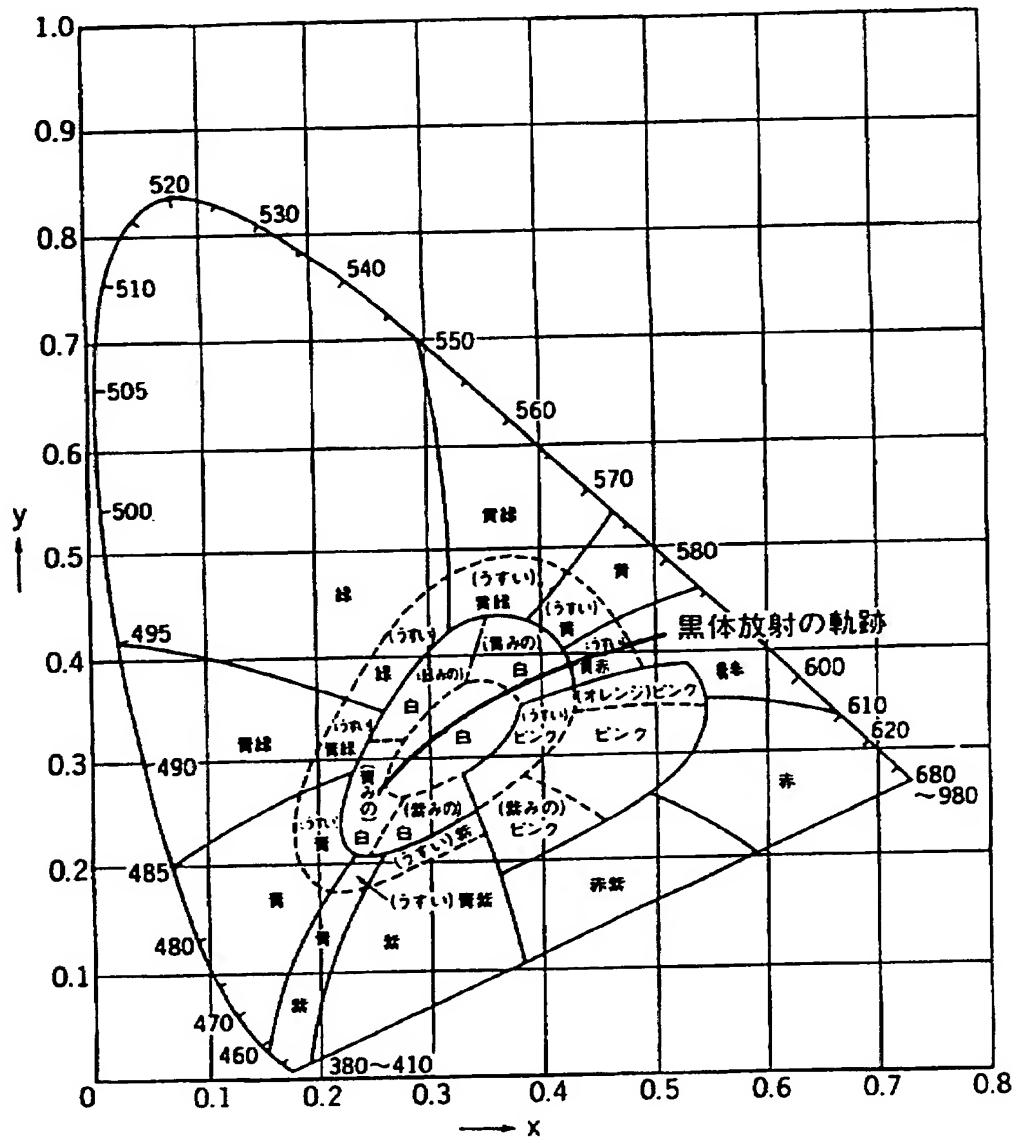
第 1 図



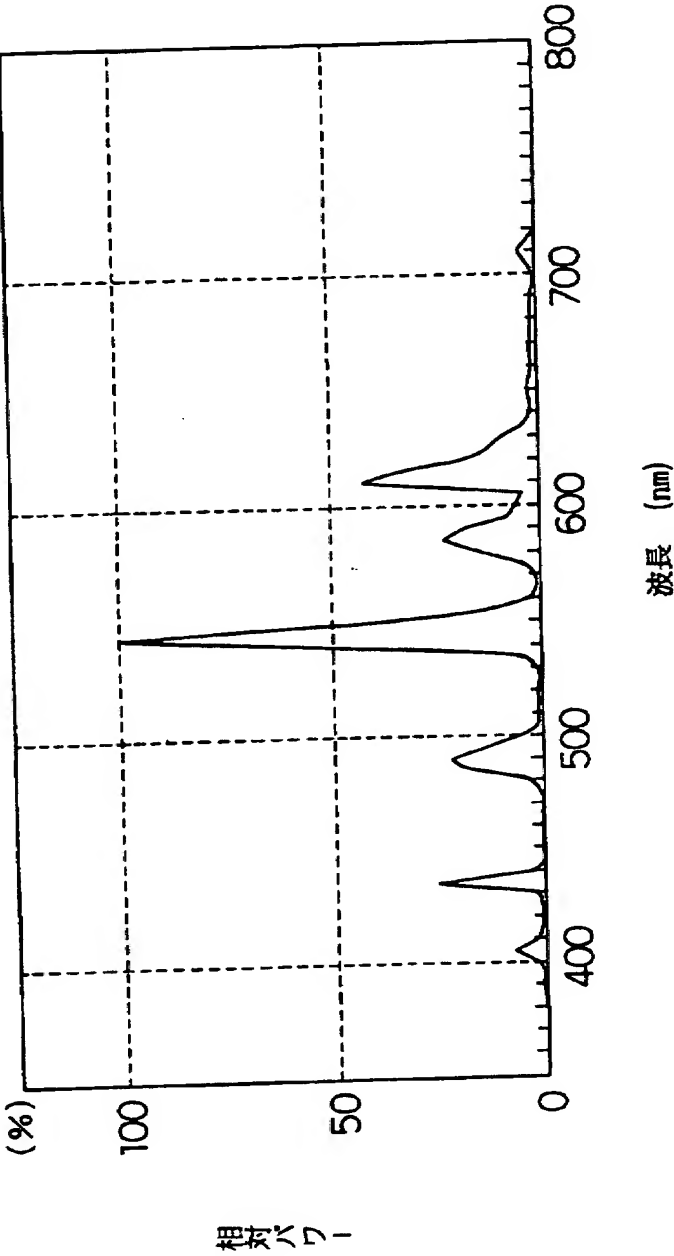
第 2 図



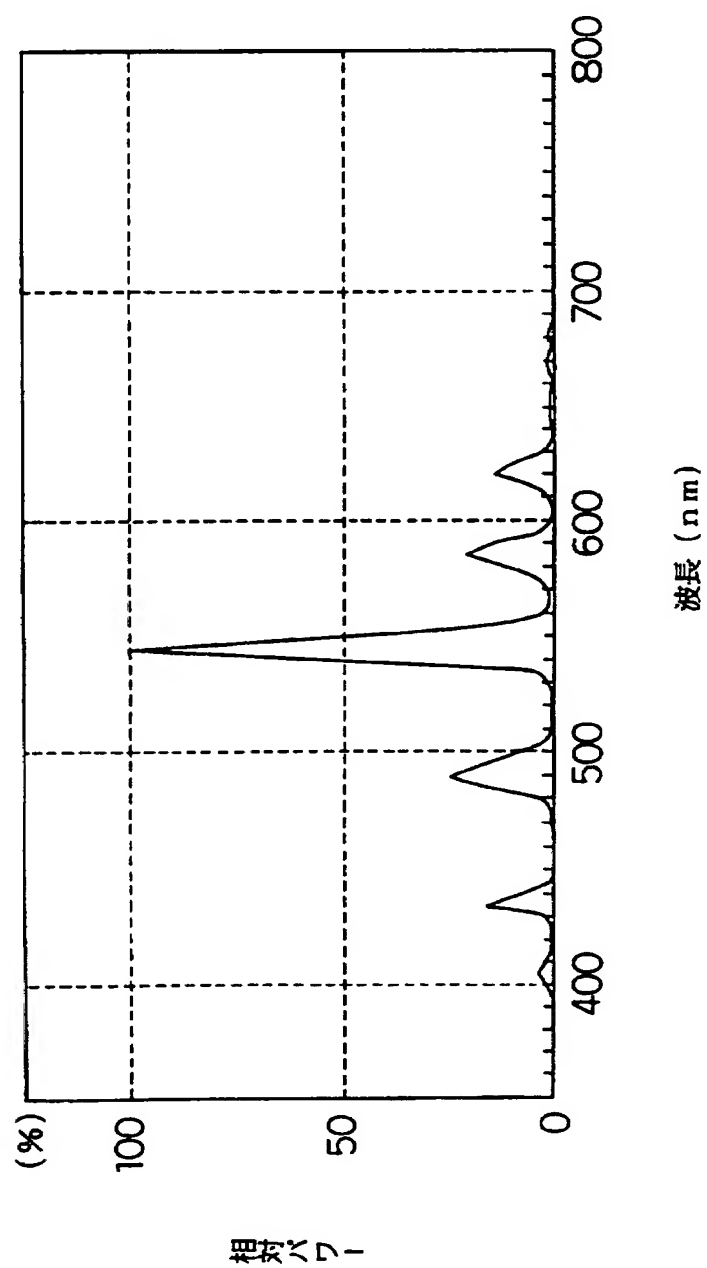
## 第 3 図



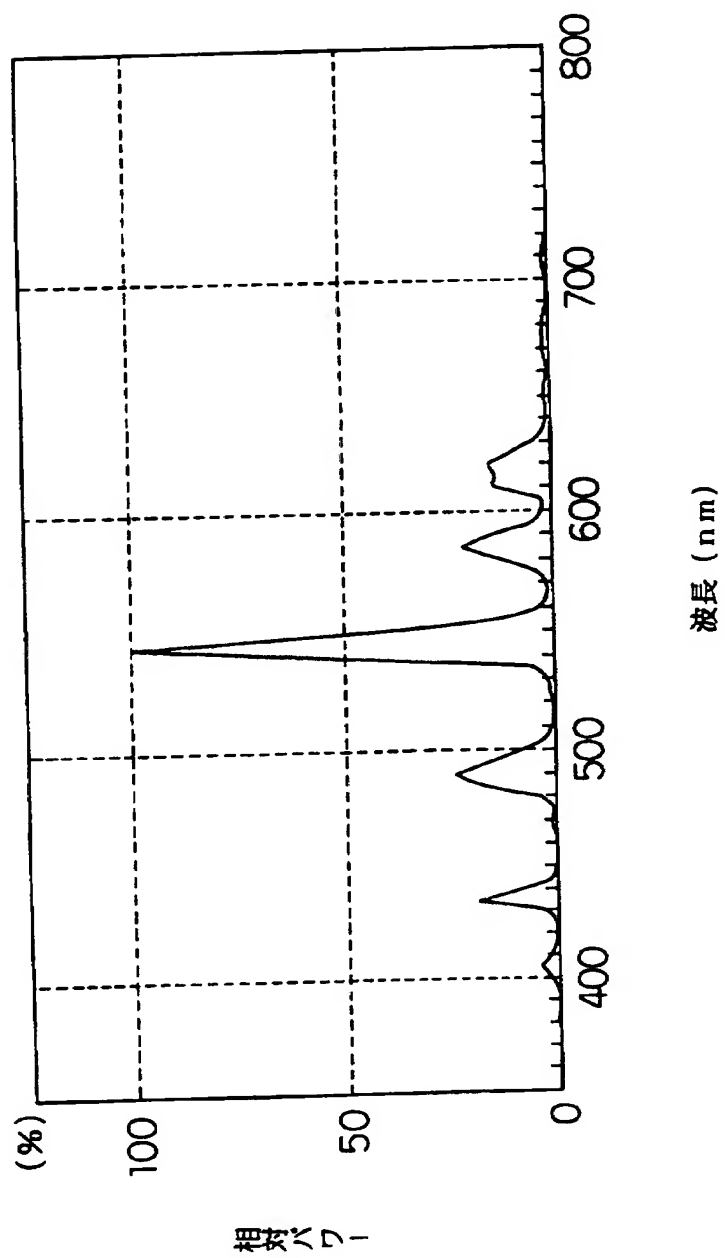
第 4 図



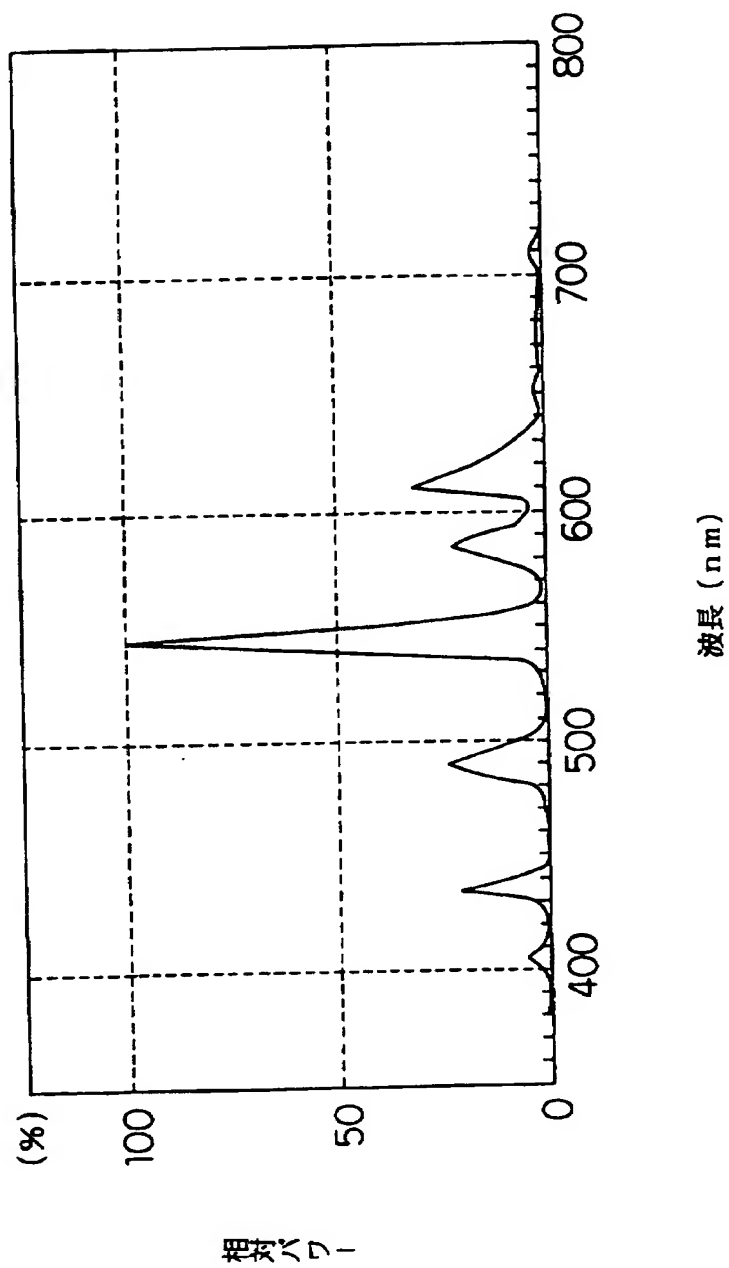
第5図



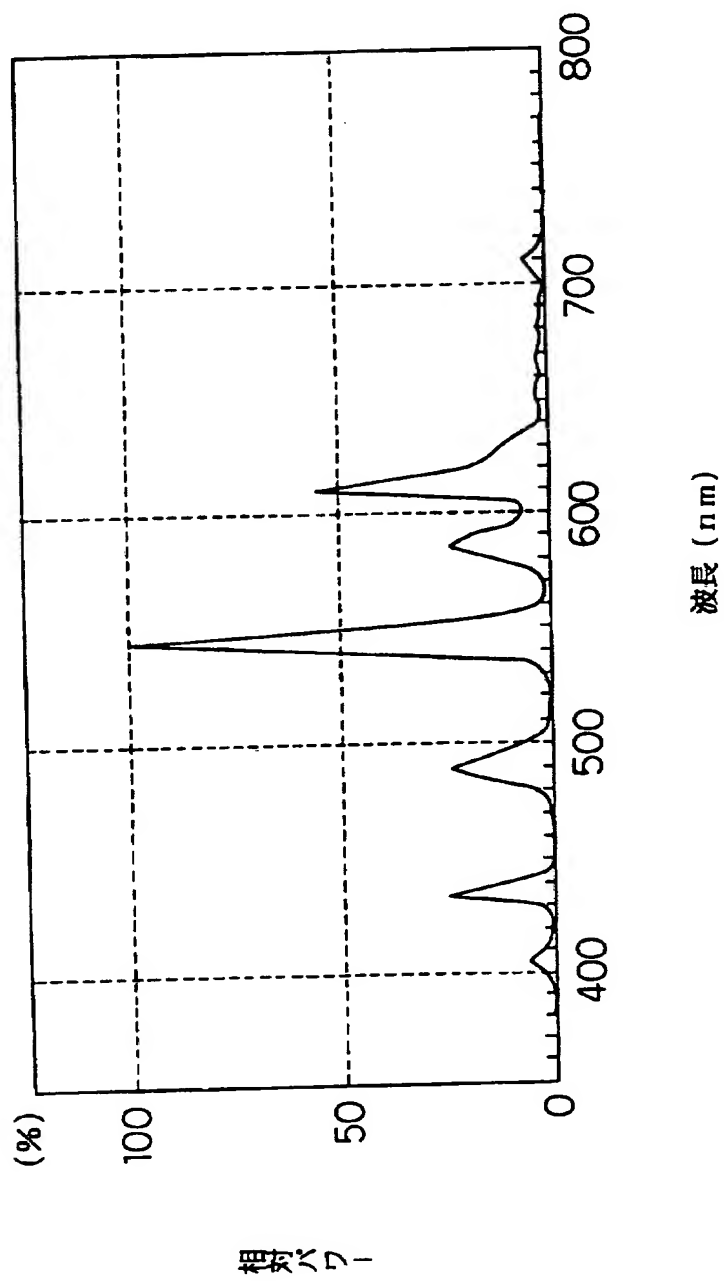
第 6 図



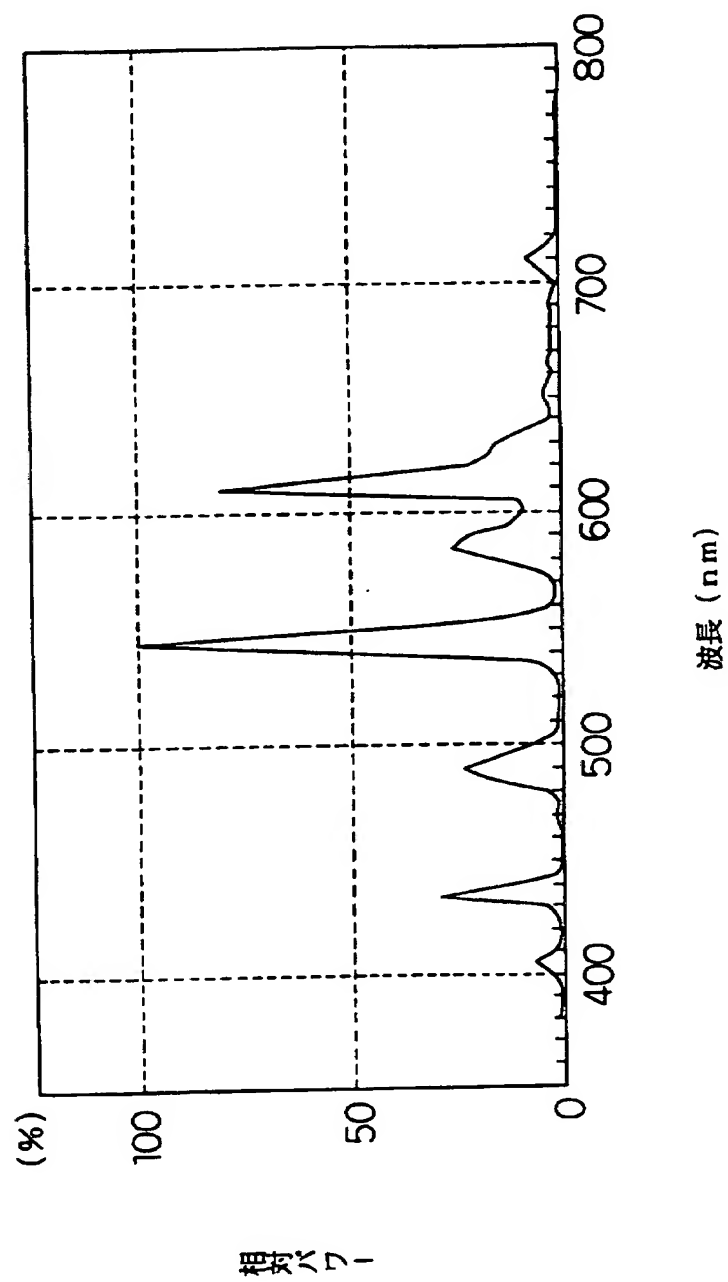
第7図



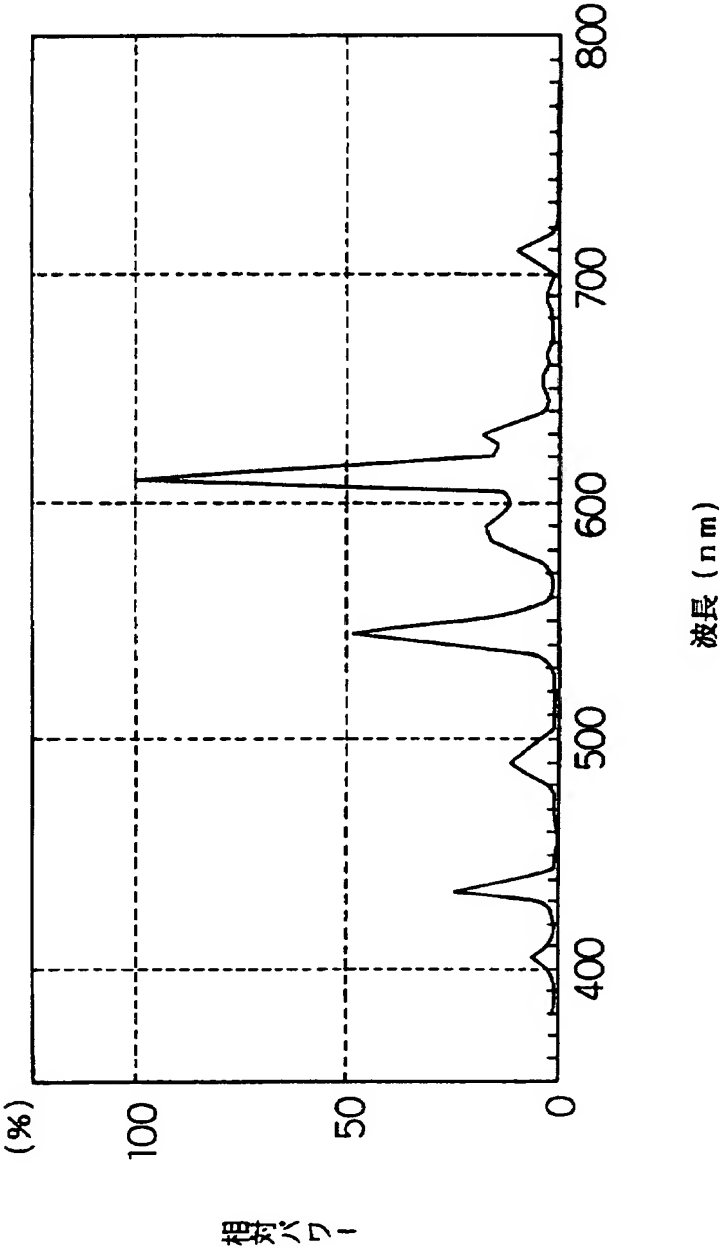
第 8 図



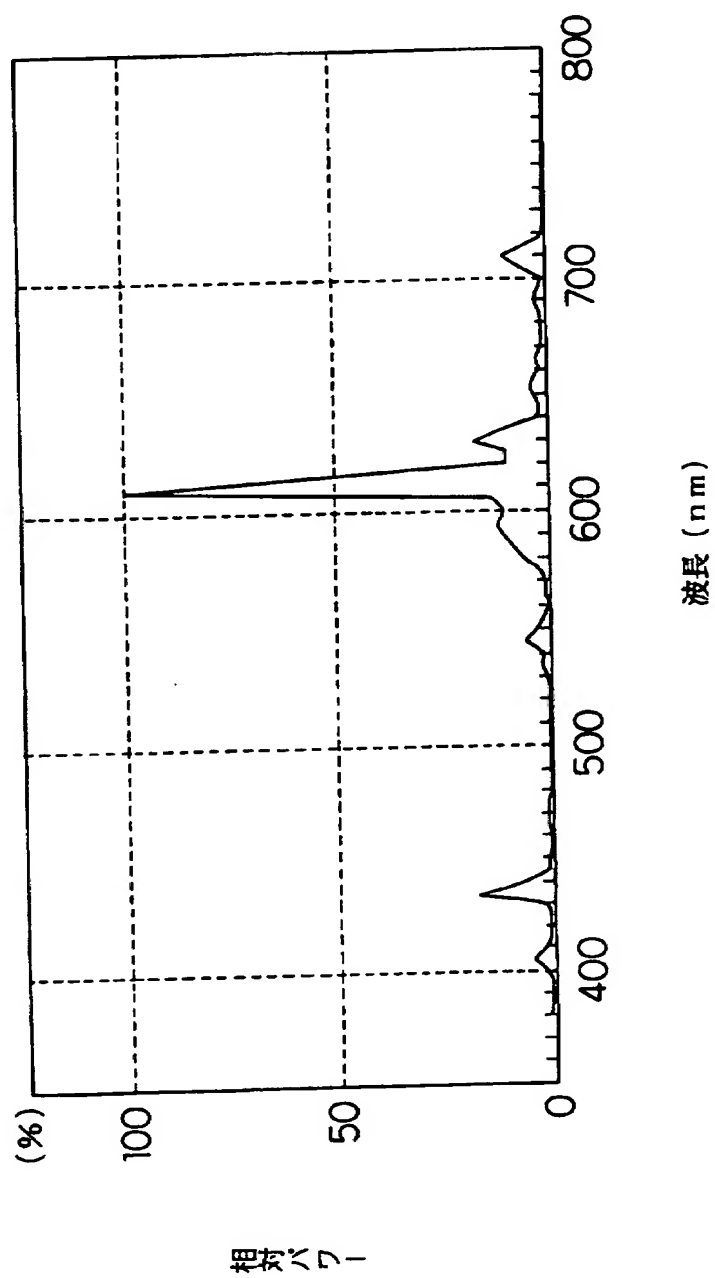




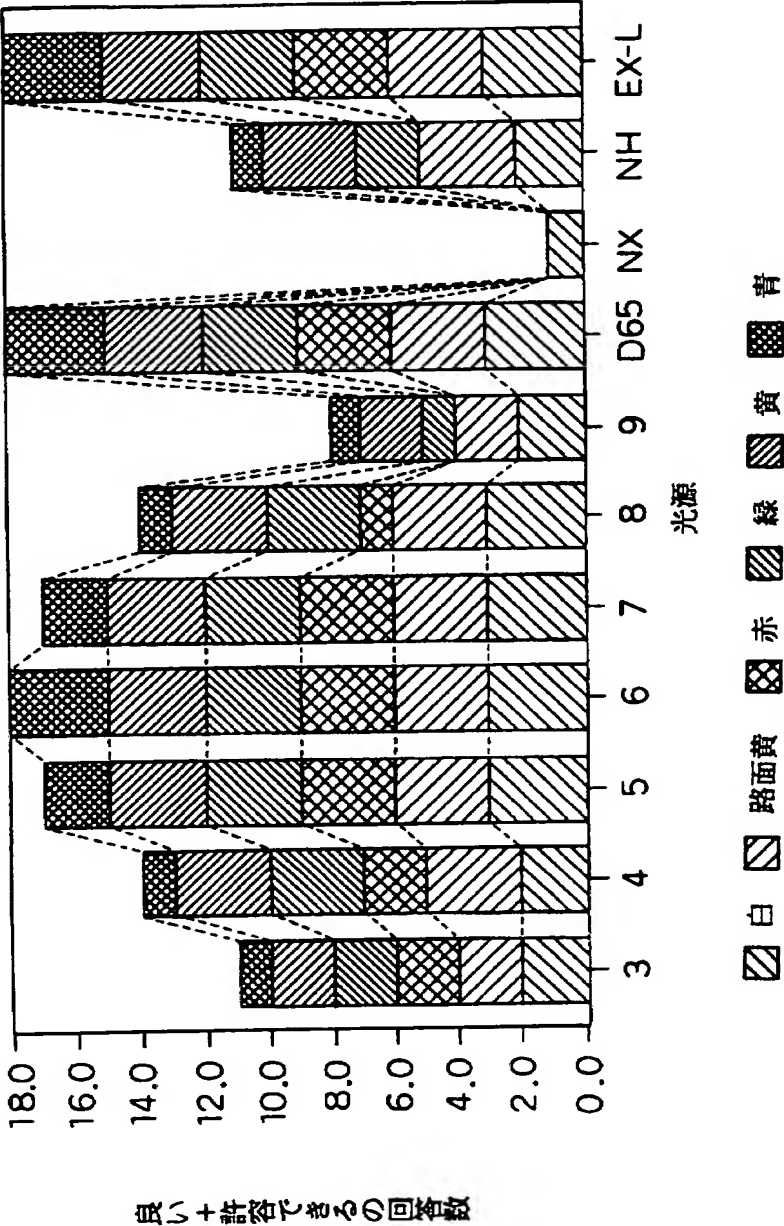
第 10 図



第 1 1 図

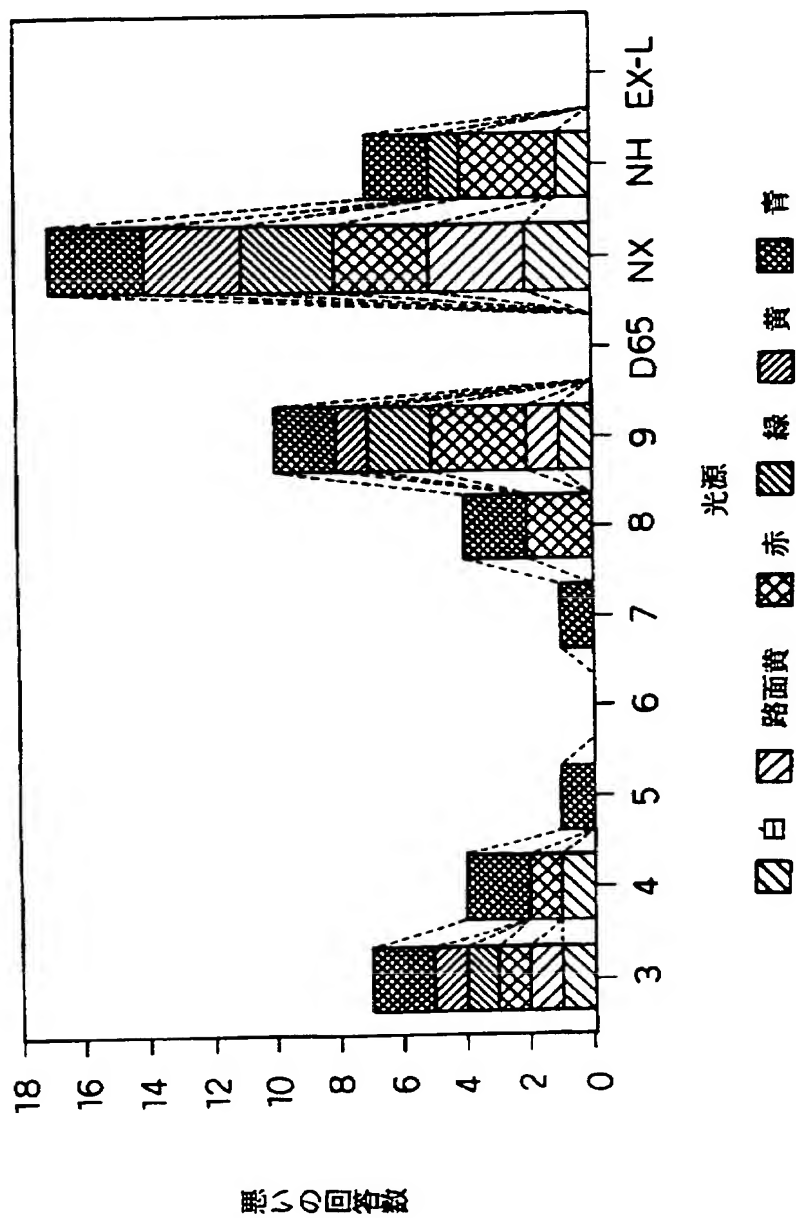


第 1 2 図

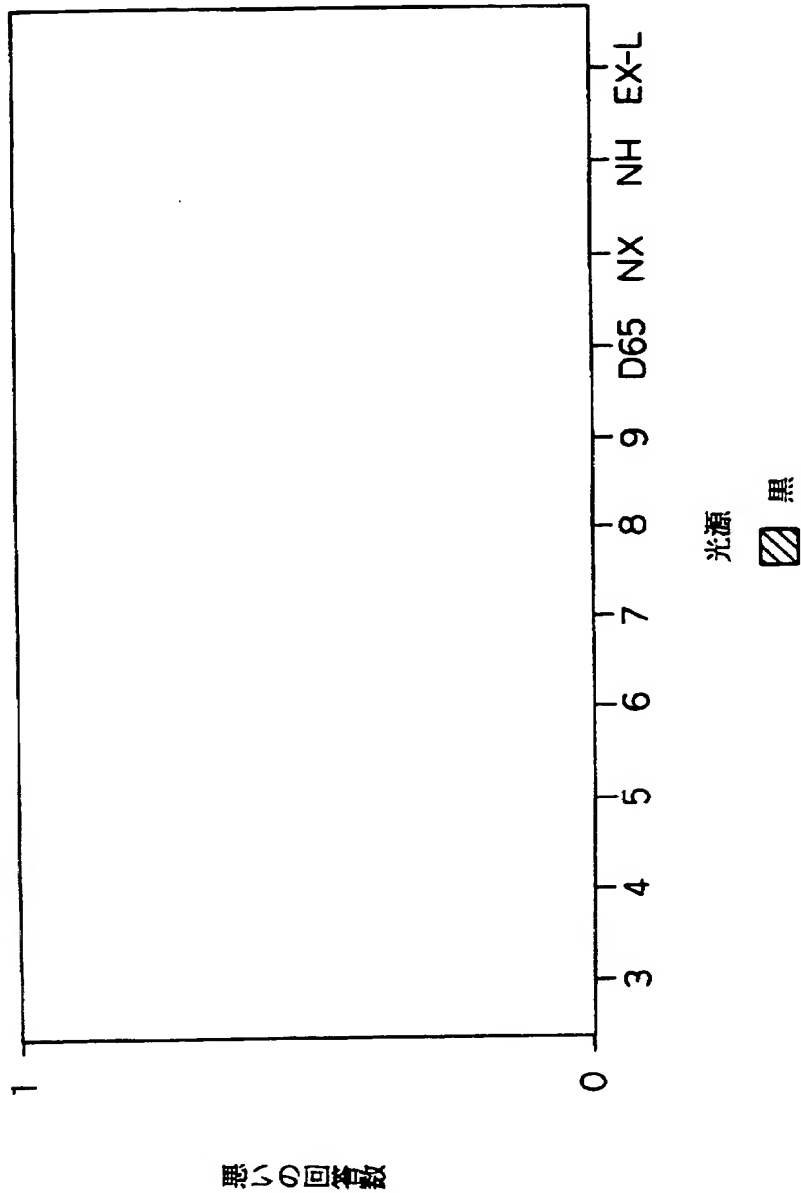




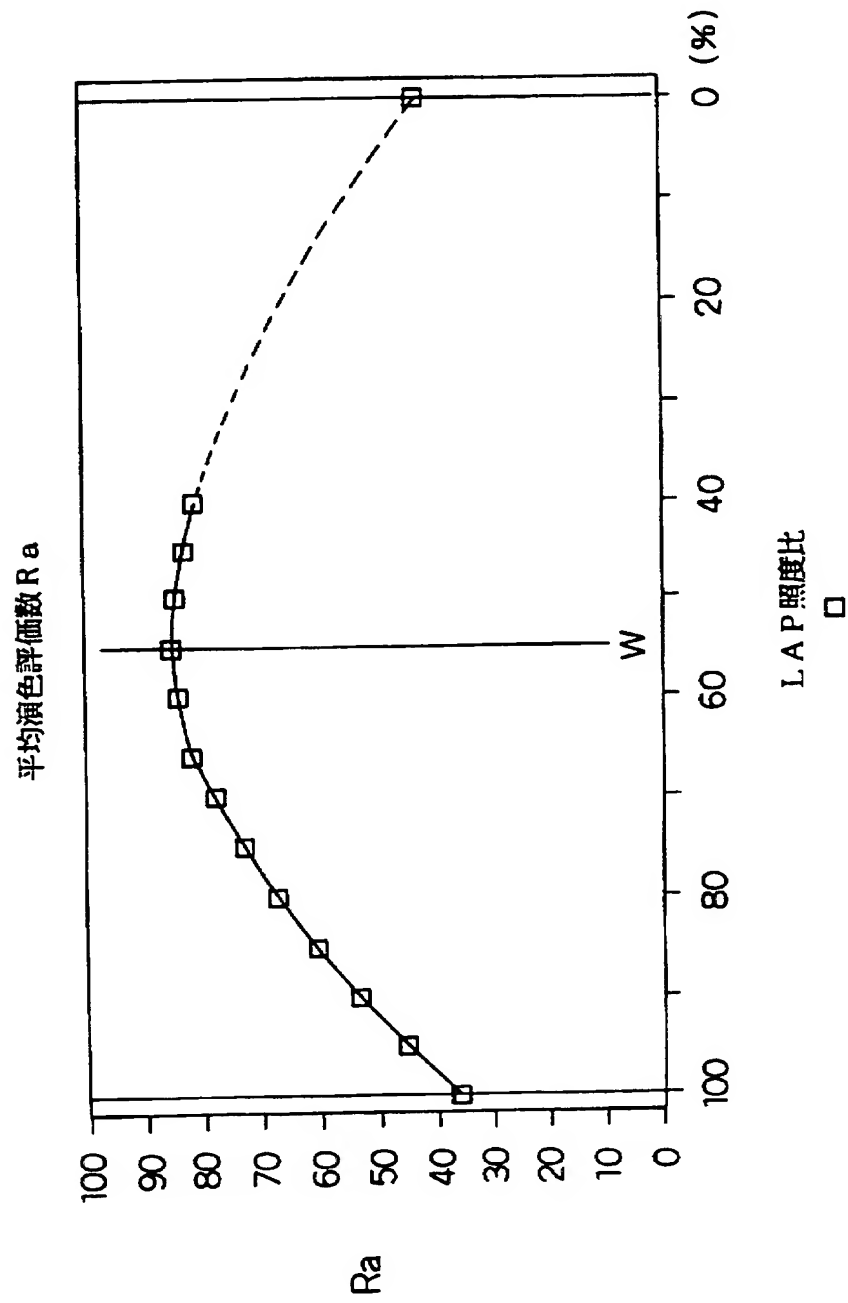
第 1 4 図



第 15 図

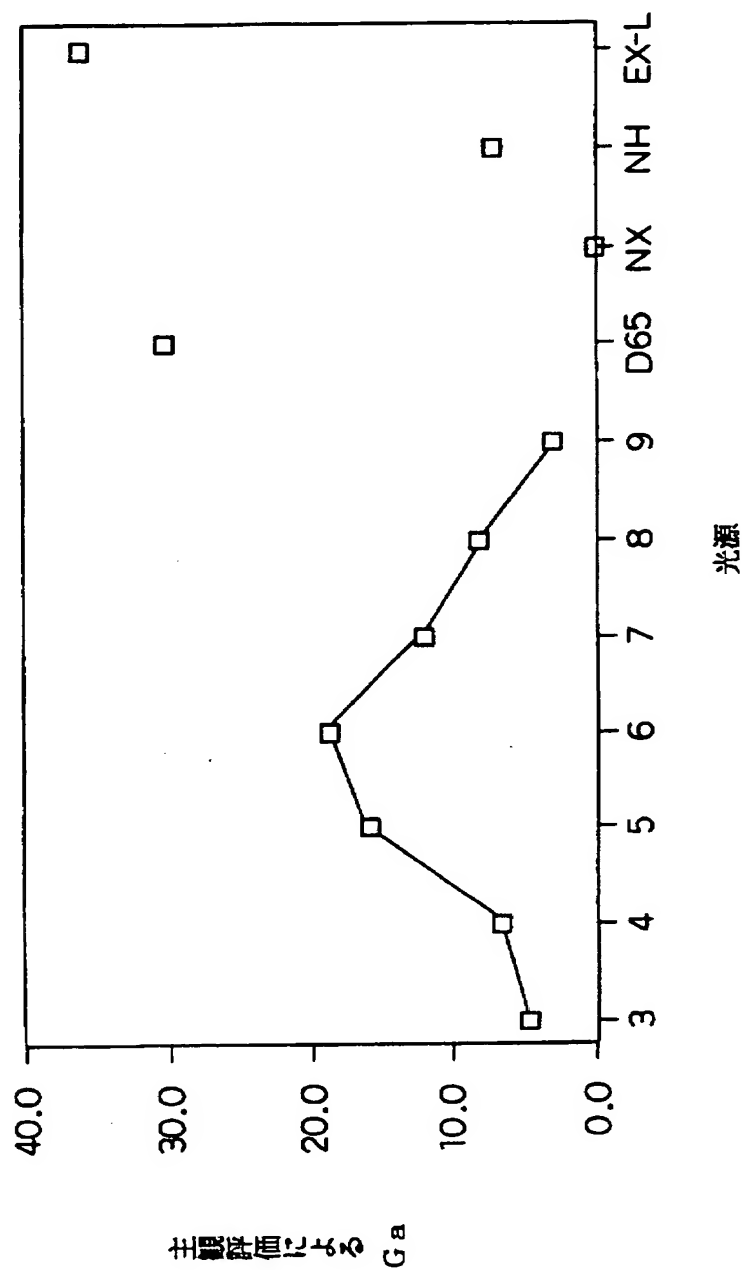


第 16 図

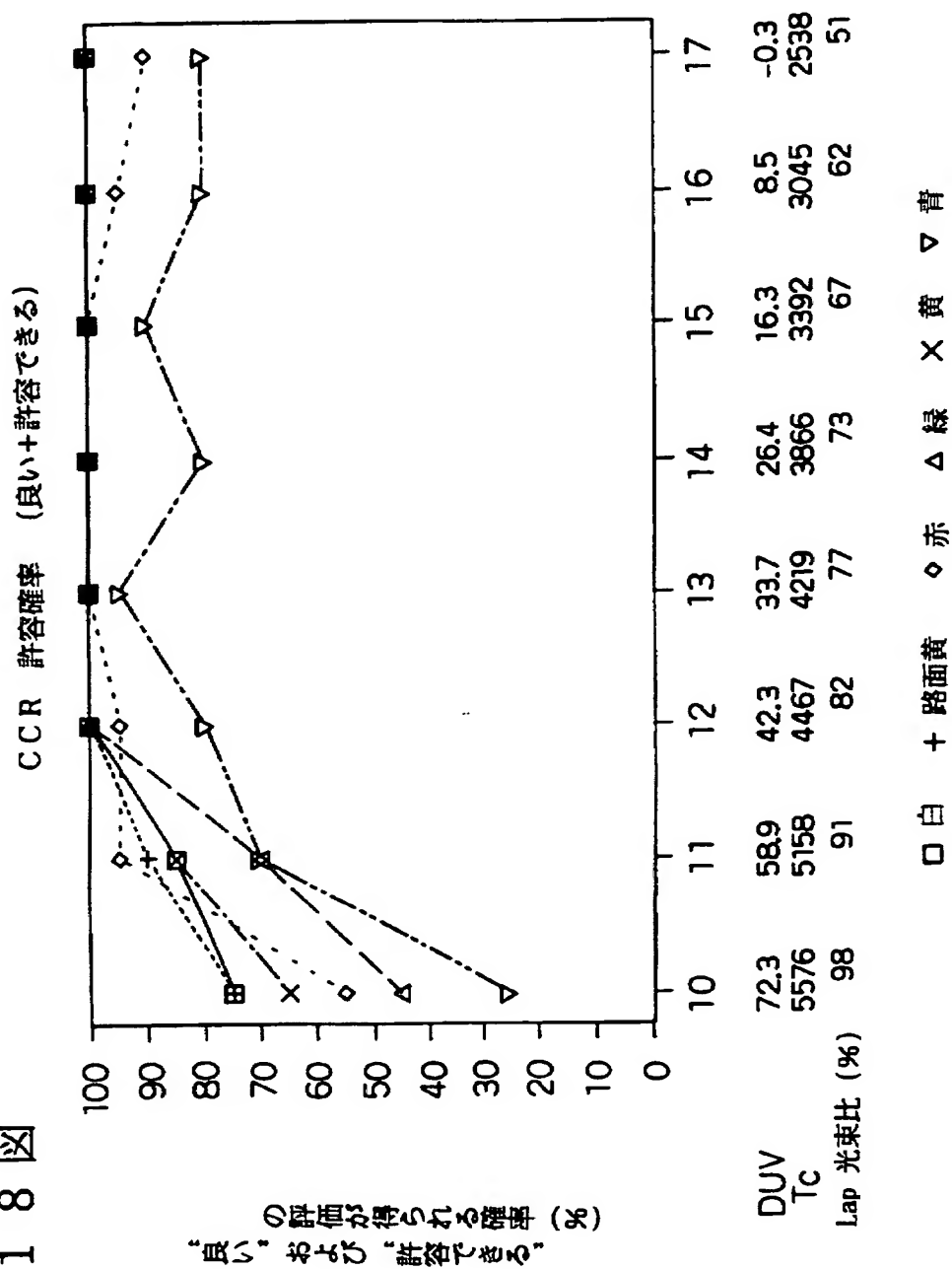




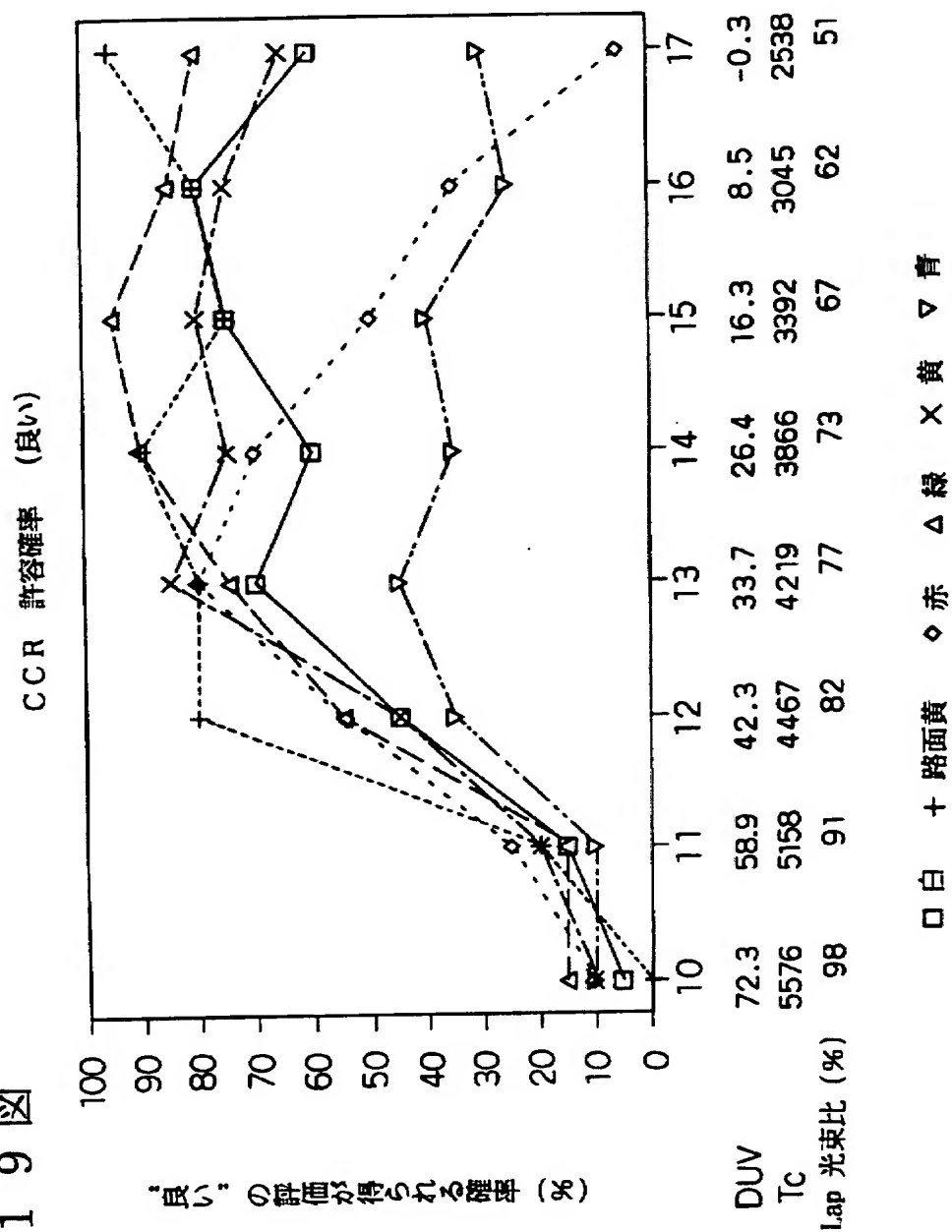
第 1 7 図



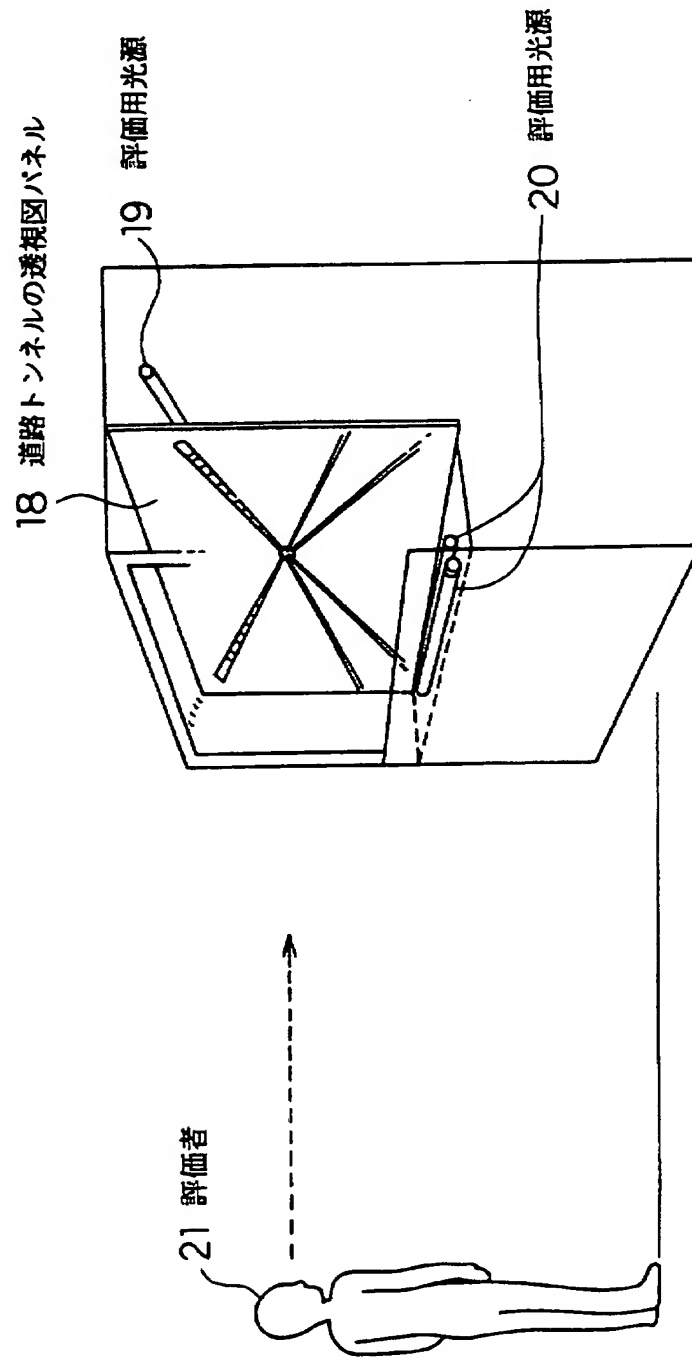
第 18 図



第 19 図

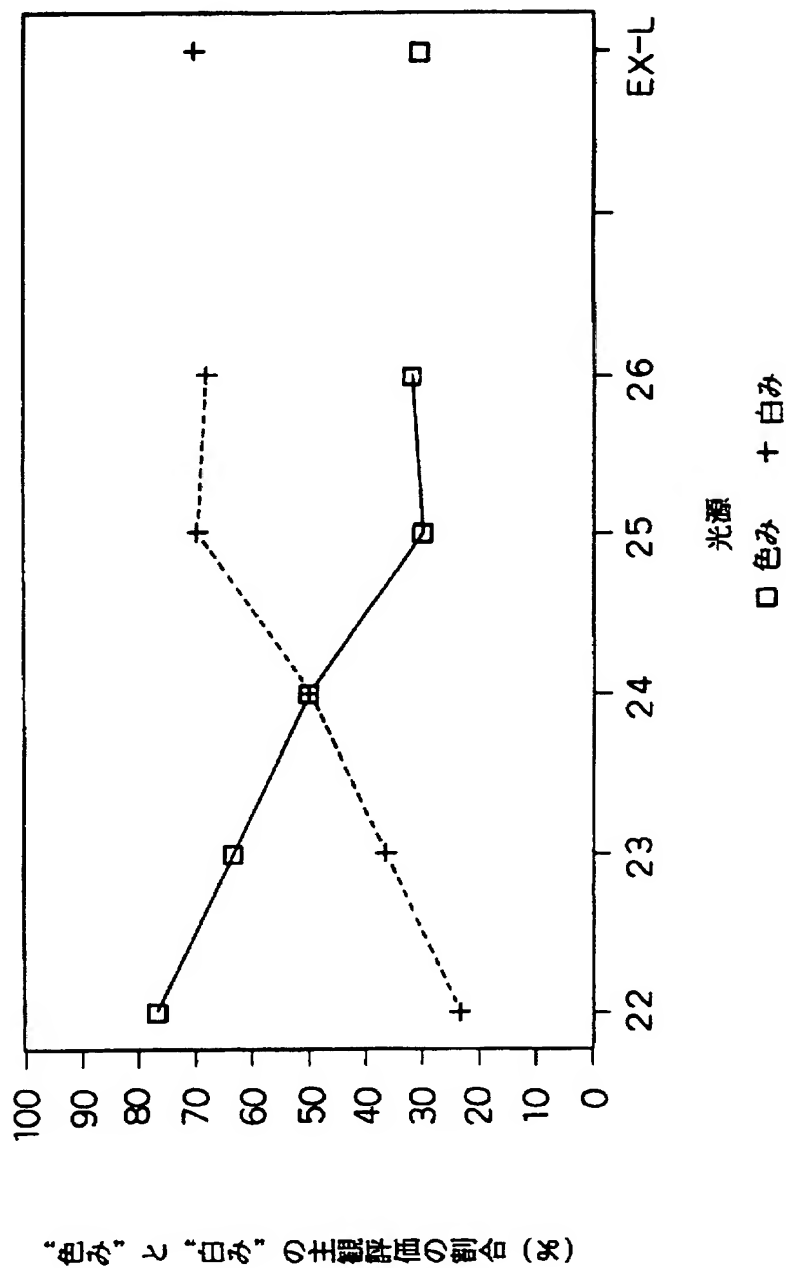


第 20 図



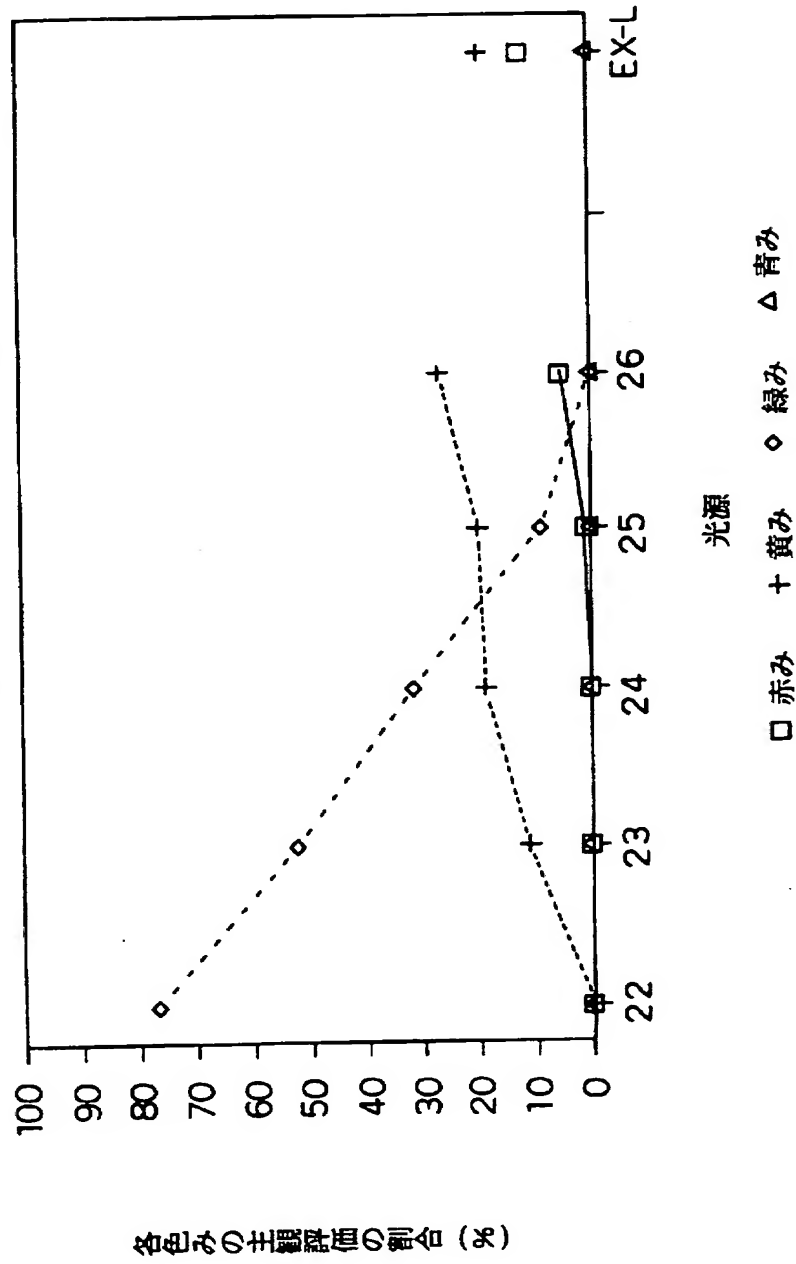
第 2 1 図

エレメンタルカラーネーミング 色みと白みの分析



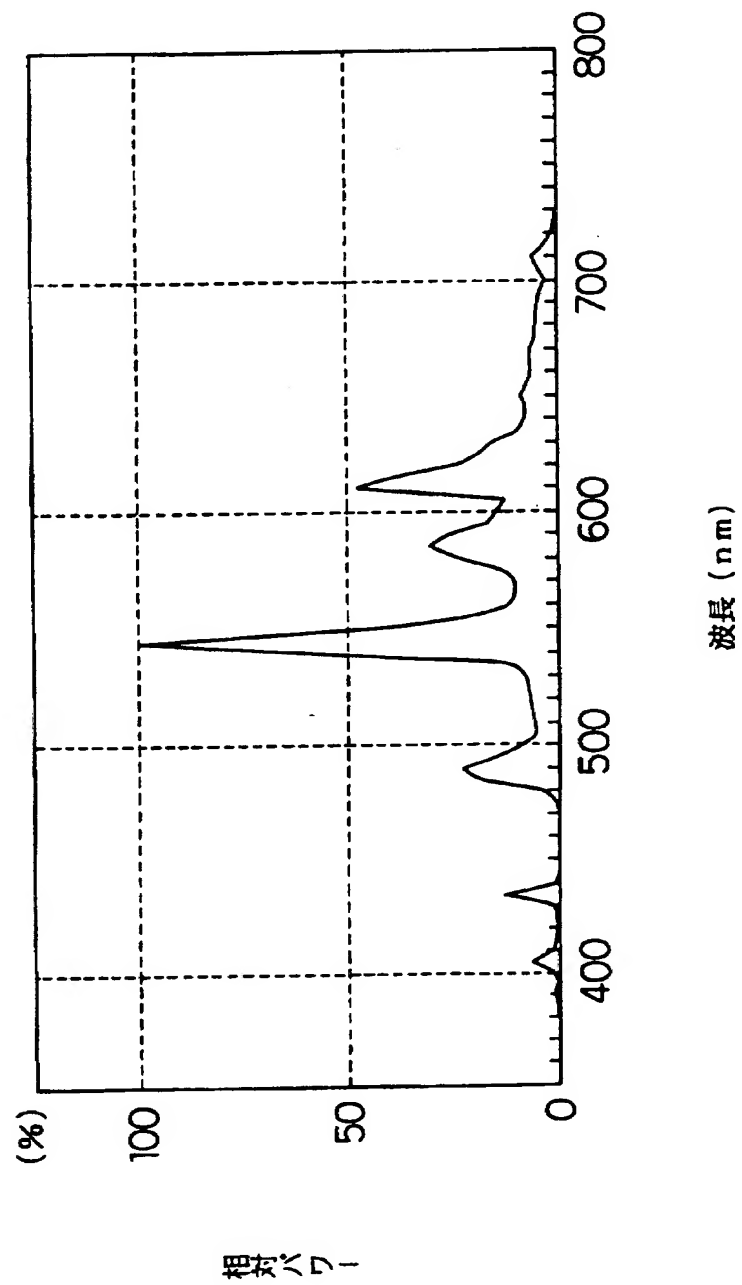
第 2 2 図

エレメンタルカラーネーミング 色みの分析

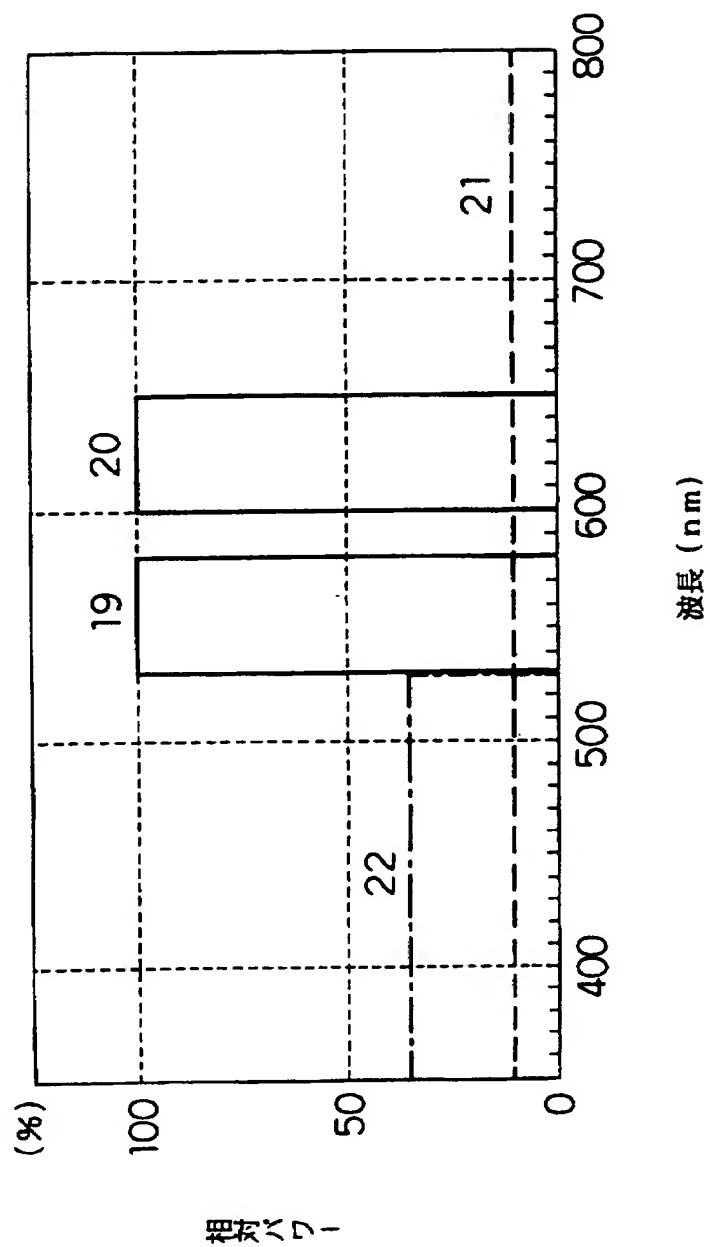


23 / 25

第 2 3 図



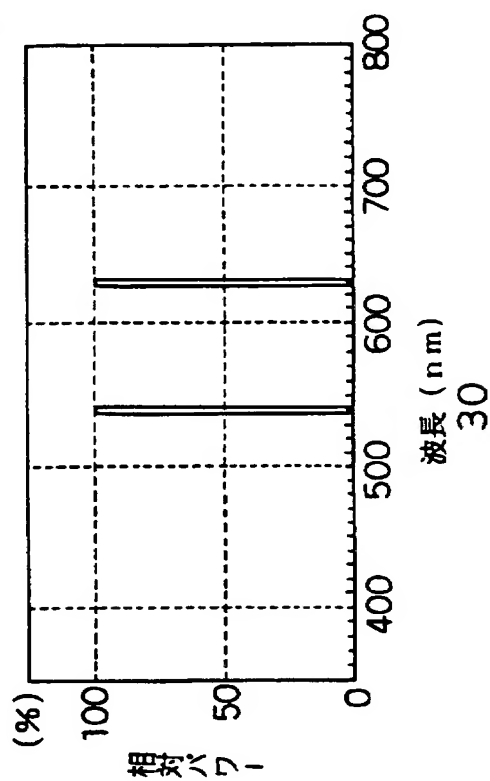
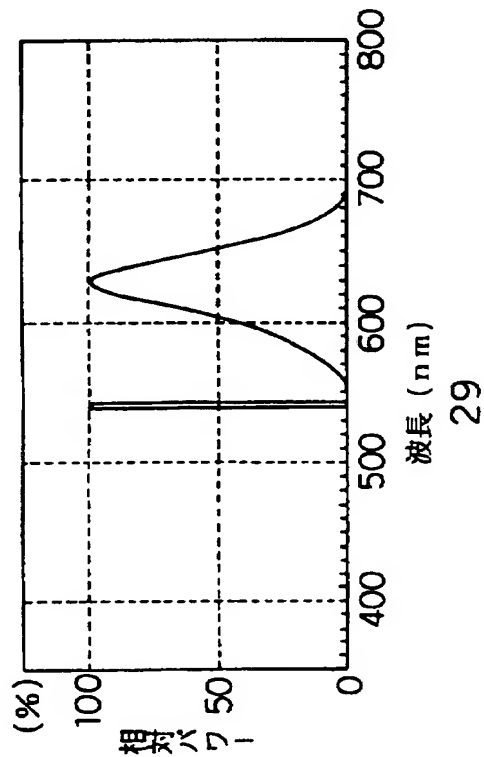
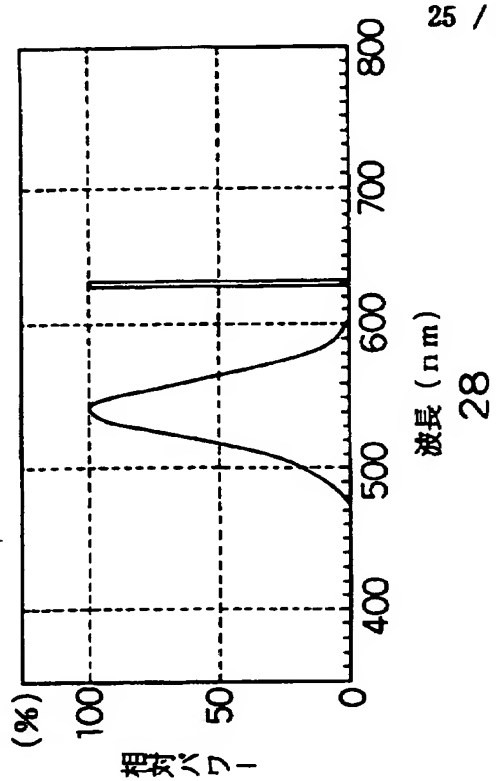
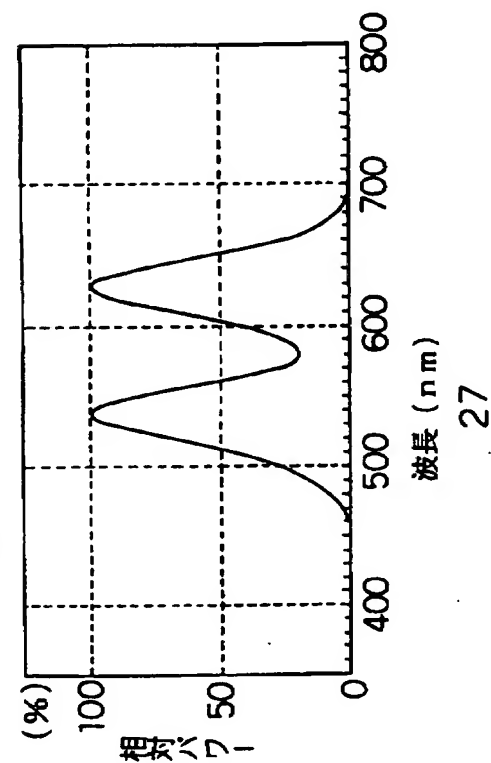
第 2 4 図





25 / 25

第 2 5 図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP96/02618

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int. Cl <sup>6</sup> H01J61/44 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl <sup>6</sup> H01J61/44 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1996 Jitsuyo Shinan Toroku Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1996 Koho 1996 - 1997 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994 - 1997 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 60-89061, A (Toshiba Corp.), May 18, 1985 (18. 05. 85), Claim 1; page 5, table 3; page 6, table 4 (Family: none)	1 - 2 3-4, 7-16
X Y	JP, 58-225552, A (Matsushita Electric Works, Ltd.), December 27, 1983 (27. 12. 83), Claim 1; page 2, upper right column, line 2 to lower left column, line 3; Fig. 2 (Family: none)	5 - 6 9 - 16
Y	JP, 64-2246, A (Matsushita Electronics Corp.), January 6, 1989 (06. 01. 89), Claim 1; page 2, upper right column, lines 15 to 18	10 - 12
Y	Fig. 3	13
Y	Claim 2 (Family: none)	14 - 15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search January 16, 1997 (16. 01. 97)		Date of mailing of the international search report January 28, 1997 (28. 01. 97)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 96/02618

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>4</sup> H01J61/44

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>4</sup> H01J61/44

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-1996年  
 日本国登録実用新案公報 1994-1997年  
 日本国実用新案登録公報 1996-1997年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P. 60-89061, A (株式会社東芝) 18. 5月. 1985 (18. 05. 85) 請求項1, 第5頁表3, 第6頁表4 (ファミリーなし)	1-2 3-4, 7-16
X Y	J P. 58-225552, A (松下電工株式会社) 27. 12月. 1983 (27. 12. 83) 請求項1, 第2頁右上欄第2行目~左下欄第3行目, 第2図 (ファミリーなし)	5-6 9-16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出版

の日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 01. 97

国際調査報告の発送日

28. 01. 97

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小川 浩史

2G

9114

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y Y Y	JP, 64-2246, A (松下電子工業株式会社) 6. 1月. 1989 (06. 01. 89) 請求項1、第2頁右上欄第15行目～第18行目 第3図 請求項2 (ファミリーなし)	10-12 13 14-15

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**